Phys. sp.
760

1779

7994

Phys. sp. 760.

m

R

Ueber die

Elaſticität des Waſſers

theoretiſch und hiſtoriſch

entworfen

von

E. A. W. Zimmermann

Profeſſor in Braunſchweig.

F. W. Ritter.

Zugleich eine Ankündigung einer neuen hiehergehörigen Maſchine.

mit Kupfern.

Leipzig

in der Weygandſchen Buchhandlung

1779.

Bayerische Staatsbibliothek München

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Dem

Durchlauchtigſten Fürſten

und Herrn

C a r l

Regierenden Herzoge zu Braunſchweig
und Lüneburg ꝛc. ꝛc. ꝛc.

Meinem gnädigſten Herrn

unterthänigſt gewidmet.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Durchlauchtigſter Herzog
Gnädigſter Fürſt und Herr

Ewr. Hochfürſtlichen Durchlaucht dieſe geringe Blätter unterthänigſt zu widmen, wage ich blos deswegen, weil ſie eine Erfindung bekannt machen, welche Höchſtdenenſelben nicht nur als Landesherrn, ſondern auch als Beförderer zugehört. Ew. Durchlaucht haben den Erfinder gnädigſt aufzumuntern geſucht, und fahren auch noch jetzt fort, ihm Höchſtdero Gnade genießen zu laſſen.

Iſt es eine ſeltene Erſcheinung, daß ein Landesherr Verſuche und Erfindungen befördert, welche nicht geradezu dem Lande, oder Ihm ſelbſt Nutzen bringen, ſo gereichet es Ewr. Hochfürſtl. Durchlaucht zu deſto größerem Ruhme, ſich auch bey dieſer Gelegenheit der Wiſſenſchaften, ohne weitere Rückſicht, an-

genommen zu haben. Dank und Liebe der Unterthanen erwartet mit Recht der beſte Fürſt, der Wohlthun über ſein Land verbreitet; aber Beförderung der Wiſſenſchaften, Allgemeinmachung wichtiger Kenntniſſe, Aufmunterung des ſtillen Verdienſts, macht Ihn zum Gegenſtand der Verehrung aller cultivirten Nationen.

Doppelt iſt es mir daher Pflicht, einem ſo edlen Fürſten langfortdaurende glückliche Tage anzuwünſchen, mir aber das Glück, Höchſtdenenſelben noch lange die Unterthänigkeit und tiefſte Verehrung bezeugen zu dürfen, mit welcher erſterbe

Durchlauchtigſter Herzog
Gnädigſter Fürſt und Herr
Ewr. Fürſtlichen Durchlaucht

Braunſchweig
d. 1 May 1779.

allerunterthänigſter Knecht
E. A. W. Zimmermann,
Prof. am Carolino

Vorrede.

Da man die Nachrichten von den bisher größ⸗tentheils fruchtlos unternommenen Verſu⸗chen, das Waſſer zuſammen zu drücken, der Bekanntmachung nicht unwerth gehalten hat, ſo darf ich hoffen, daß die Ankündigung ſolcher Expe⸗rimente, welche dieſem Zwecke beſſer zu entſprechen ſcheinen, nicht mit Gleichgültigkeit werden aufge⸗nommen werden. Die hier beſchriebene Maſchine des Herrn Oberſalzinſpector Abichs, hat wenigſtens das Verdienſt, daß ſie ſehr einfach iſt, die Beſtim⸗mung der Gewalt ziemlich leicht angiebt, und, was das wichtigſte iſt, wirklich eine Zuſammendrückung hervor zu bringen ſcheint. Bleiben aber bey den damit angeſtellten Verſuchen, oder vielmehr bey den daraus herzuleitenden Schlußfolgen noch Zweifel unbeantwortet übrig, ſo dünkt mich, hat dieſe Ma⸗ſchine doch immer mehr geleiſtet, als irgend eine derjenigen, deren man ſich vorher zu dieſer Abſicht bediente. Um dies genauer beurtheilen zu können, ſammlete ich mir die Nachrichten aller bis hieher in dieſer Sache unternommenen Verſuche. Dadurch iſt der erſte Theil dieſer Abhandlung, nämlich eine

Geſchichte der Unterſuchungen über die Compreſſibilität des Waſſers, entſtanden. So viel es meine eingeſchränkte Lage hat erlauben wollen, habe ich alles hieher gehörige chronologiſch beygebracht; es iſt indeß immer nicht unwahrſcheinlich, daß mir eine oder die andere Nachricht mag unbekannt geblieben ſeyn, da ich wiederum von andern oft ſo ungewiſſe Nachricht erhalten konnte, daß ich dieſe nirgends einzuſchalten wagen durfte. So bin ich z. B. mündlich benachrichtiget, daß zwiſchen den Jahren 1740 und 1750, oder einige funfzig, eine Portugieſiſche Academie in Liſſabon Verſuche über die Compreſſibilität des Waſſers, und zwar mit glücklichem Erfolg, ſoll angeſtellt haben. Ich habe mir Mühe gegeben, näher von der Sache unterrichtet zu werden, aber vergeblich. Auch habe ich nirgends eine zuverläſſige Nachricht auftreiben können, daß man verſucht habe, das Waſſer in goldenen Kugeln zuſammen zu drucken. Herr Profeſſor Eberhard [a]) führt einen ſolchen Verſuch aus der Phyſic des **Verdries** an; dieſe Phyſic habe ich zwar nie geſehen, aber ich vermuthe mit Recht, daß **Verdries** dieſes aus andern Autoren eben ſo hingeſchrieben hat, wie es **Boerhave** dem **Stair** nachſchrieb, daß **du Hamel** von Verſuchen mit goldenen Kugeln rede, da ich wenigſtens beym **du Hamel** nichts hievon angeführt gefunden habe. **Teichmeier** [b]) ſagt ſogar,

a) Eberhards Nat. Lehre.

b) Teichmeyeri Elementa Philoſoph. natural. experimentalis Ienae 1717. p. 240.

die Florentiner Academie habe goldene und ſilberne Kugeln bey dieſem Verſuche gebraucht, da doch aus den S. 36. beygebrachten eigenen Worten der Florertiniſchen Nachrichten erhellet, daß nur bloß von einer ſilbernen Kugel die Rede ſey; ja ſie geben ſogar die Urſache an, warum man hier das Silber dem Golde vorgezogen hat. Ich erinnere mich auch ſonſt, in einer Deutſchen, hier weiter nicht hergehörende Schrift, von dieſer goldenen Kugel geleſen zu haben. So ſchreibt einer des andern Irrthum ab, denn augenſcheinlich hatte Teichmeier das Original der Florentiniſchen Nachrichten nicht geſehen, oder auch nicht verſtanden. So mag es aber auch wohl mit der goldenen Kugel des du Hamel zuſammenhangen; doch kann ich dies nicht völlig ſo zuverläſſig ſagen.

Bey dieſer Gelegenheit muß ich einer Nachläſſigkeit gedenken, welche ich in Anſehung des Abt Nollets begangen habe. Es iſt S. 44. nur allein ſeines Verſuchs mit der gläſernen Röhre gedacht, da er doch in ſeinen Lecons de Phyſ. a. a. O. dieſem Verſuche den, das Waſſer in einer Kugel durch Zuſammenſchrauben zu comprimiren, vorhergehen läßt. Ich hatte dieſes Experiment des Abts, welches dem Muſſchenbroekſchen gleich kommt, und alſo dem Abte nicht beſonders eigen iſt, überſehen. Der Abt hat es beynahe mit ähnlichem Erfolg als Muſſchenbroek unternommen, doch ſagt er, daß gerade vor dem Durchſchwitzen des Waſſers durch das Metall die Kugel bereits angefangen habe, ein wenig flach

zu werden. Er nahm nur eine kleine Kugel, ohne die Maaße davon zu beſtimmen; giebt aber auf der 2ten Taf. 5te Fig. ſeiner Lecons de Phyſ. eine bequeme Preſſe zum Zuſammenſchrauben.

Auch kann ich hier zu S. 58. hinzuſetzen, daß man in Frankreich die Verſuche des von Servieres wiederholt und geprüft hat. Man will ſie wahr befunden haben. Ich weiß nur eben ſo viel, und nicht mehr hievon, aus einer ganz kurzen Anzeige einer kleinen Schrift, des Tituls, Lettre de Mr. T. a Mr. le Baron de *Servieres*, en reponſe a ſes Obſervations ſur les Thermometres Brochure en 12 de 15 pag. Paris 1778. m. ſ. Journal Encyclop. Novbr. 1778. p. 155. worin ich jetzt dieſe Nachricht antreffe; doch denke ich nächſtens im Stande zu ſeyn, von dieſen Servierſchen Verſuchen beſtimmter reden zu können; alsdenn wird es ſich zeigen, in wie weit ſie hieher gehören.

Iſt aber auch der hiſtoriſche, erſte Theil dieſer Abhandlung mangelhaft, ſo halte ich ihn dennoch nicht für unnütz. Bearbeitete man einmal die Geſchichte der ganzen Naturlehre, und nur zu früh hat der ſchätzbare Prieſtlei aufgehört! ſo fänden ſich hier wenigſtens die wichtigſten Thatſachen für dieſen Theil der Phyſic beyſammen. Die Compendien von der Naturlehre, ja ſelbſt die größern Phyſiken, z. B. des s'Graveſande, Martins und Muſſchenbroeks, berühren dieſe Unterſuchungen entweder gar nicht, oder ſie gehen ſo kurz darüber

weg, daß ich hoffentlich ſelbſt für Naturkundige, oder wenigſtens Naturliebhaber, welche nicht in der Lage ſind, größere Bibliotheken nachſehen oder anſchaffen zu können, durch die Sammlung hier beygebrachten Nachrichten keine überflüſſige Arbeit geliefert habe.

Auch denke ich in Beurtheilung dieſer Verſuche unpartheyiſch geweſen zu ſeyn; denn man wird ſehen, daß ich ſelbſt meine eigene Verſuche eben ſo vielen Zweifeln ausgeſetzt habe, als irgend einen der vorhergehenden. Nirgends muß man bey einer Erſcheinung die Urſachen genauer bezweifeln, nirgends mit mehrerer Vorſicht aus Thatſachen Folgen ziehen, als in der Naturlehre, und auf die Entdeckung der erſten Urſache eines phyſicaliſchen Phänomens ſollte man ſich gar nicht einlaſſen.

Aus S. 68. und 75. wird man erſehen, daß ich ſelbſt an unſern Verſuchen etwas auszuſetzen habe; es iſt daher wahrſcheinlich, daß im Fall man dieſe Verſuche mit genaueren Verrichtungen wiederholte, die S. 76. und 77. beygebrachten Reſultate um ein geringes von den jetzigen verſchieden ausfallen können, ohne der Wahrheit des Ganzen zu ſchaden.

Zur Geſchichte der Abichſchen Maſchine gehört noch, daß Herr Abich im vorigen Sommer die Ehre hatte, den mehreſten Mitgliedern der Königl. Societät der Wiſſenſchaften in Göttingen das Inſtrument nebſt dem Verſuch, mit Hülfe der Schraube

das Waſſer zu comprimiren, vorzuzeigen. Bey dieſer Gelegenheit entſtanden verſchiedene lehrreiche Zweifel, wovon ich hauptſächlich den, von der möglichen Ausdehnung des Cylinders, zu nutzen und zu beantworten geſucht habe. Einen Zweifel muß ich indeß noch erwähnen; vielleicht fiele er dem Leſer ein. Nämlich, wie wann bey Anfüllung der Maſchine mit Waſſer das Flüſſige nicht ganz bis zum Stämpel hinunter träte, oder einige Lücken um den Stämpel blieben, ſo daß bey nachmaligem Umwenden der Maſchine leerer, oder auch mit Luft angefüllter Raum, zwiſchen dem Stämpel und dem Waſſer übrig bliebe? Einmal ſehe ich nicht ein, wie dies vermöge des durch ſeine Schwere ſo tief, als möglich hinuntertretenden, und ſich überall verbreitenden Flüſſigen ſtatt finden kann; Zweytens bedürfte es, geſetzt der Fall ſey möglich, dann beym Anfang des Verſuchs nicht einer großen Kraft von mehr als 700 Pfunden, um den Stämpel im mindeſten hinunter zu drücken, da einige 70 Pfund im Stande ſind, den Stämpel in dem leeren Cylinder zu bewegen. Ich habe den Stämpel verſchiedentlich herausgezogen, um mich dadurch von der innern einfachen Structur des Cylinders genau zu überführen.

Verbeſſerung und Zuſätze, die ich der Güte des Herrn Hofrath Käſtners zu danken habe, erkenne ich hier mit der größten Verpflichtung.

Man wird bemerken, daß die Angabe der Abichſchen Maſchine einige Aehnlichkeit mit den S. 30.

angeführten Gedanken des du Hamels habe. Aber hier muß ich Herrn Abich die Gerechtigkeit wiederfahren laſſen, daß er auf keine Weiſe, auch nur von weitem, durch den du Hamel zu ſeiner Erfindung iſt geleitet worden.

Herr Abich hat ſeine academiſchen Jahre beſonders practiſchen Kenntniſſen gewidmet; nachmals iſt er nie ein Gelehrter von Profeſſion geweſen, ſondern ſtets das, was er noch jetzt iſt, ein geſchickter thätiger Geſchäfftsmann, der dabey ſein Talent und ſeine Neigung zu mechaniſchen Wiſſenſchaften cultivirt [c]). Dadurch wird es begreiflich, wie ihm die ältern Phyſiker, beſonders die mehr ſpeculativiſchen Schriften des du Hamels, völlig unbekannt geblieben ſind. Ich kann betheuern, daß, als ich mit ihm von der Angabe des du Hamels redete, er dieſen Namen nur bloß durch den jetztlebenden du Hamel de Monceau kannte; es war ihm, außer dem Florentiniſchen Verſuche mit der ſilbernen Kugel, das meiſte hiehergehörige, ſelbſt die Cantonſchen Verſuche, völlig unbekannt.

Auf die Weiſe halte ich es entſchieden, daß dieſe Druckmaſchine des Herrn Abichs eine original Deutſche Erfindung ſey. Ich habe S. 42. und 44.

c) Herr Oberſalzinſpector Abich hat einige merkwürdige Maſchinen angegeben, worunter beſonders eine Maſchine, Feilen zu hauen, die den Engliſchen nichts nachgeben, und eine andere, welche die Hauptverrichtung einer Münze alleine bewerkſtelliget, mit Recht die Aufmerkſamkeit der Mechaniker verdient.

dies gleichfalls von der gläſernen Röhre, deren ſich Hamberger zu dieſem Verſuche bediente, angemerkt. Man kann ſich aber durch die S. 96. beygebrachten Gründe überzeugen, daß gerade dieſe beyde Methoden diejenigen ſind, welche ihrer Abſicht am genaueſten und bequemſten entſprechen.

Weder die Hambergerſche Röhre, noch die Abichſche Druckmaſchine, halte ich für Erfindungen, welche unter die erſtern oder vorzüglichſten unſerer Nation gehören; aber lebhaft erinnern ſie mich dennoch an die große Menge der wichtigen Erfindungen der Deutſchen, über welche hier einige Anmerkungen nicht am unrechten Orte ſtehen werden.

Es iſt in der That unbegreiflich, daß man bisher noch nie daran gedacht hat, eine genaue Geſchichte von den Erfindungen der Deutſchen zu geben, und ſo ein Monument zur Ehre unſerer Nation, oder vielmehr zur Ehre Europens aufzuſtellen. Frankreich verkündigt täglich die Thaten ſeiner Nation durch die Honneurs de la France, la France illuſtre, und wie die volltönenden Aufſchriften ſolcher Werke mehr heißen; England richtet jedem vorzüglichen Manne, den Schauſpieler nicht ausgenommen, Monumente auf, belohnt jede Erfindung, wichtig oder nicht, mit Medaillen, und der Deutſche? - - ſtill und unerkannt und unbelohnt ſitzt er, wird dennoch nicht müde, entdeckt, erfindet ohne alle Aufmunterung mehr als beyde Nationen zuſammengenommen.

Nicht Vaterlandsliebe, nicht Nationalſtolz redet hier dem Deutſchen das Wort; Billigkeit, die ſich auf Thatſachen gründet, muß entſcheiden, welchem Lande man die wichtigſten und meiſten Erfindungen ſeit einigen Jahrhunderten zu danken hat. Die Buchdruckerey, die ſchwarze Kunſt (mezzo tinto), das Kupferſtechen, die Paſtelmalerey, das Schießpulver, die Taſchenuhren, das Europäiſche Porcelain, die Gradierhäuſer, gehören ſie nicht einem **Guttenberg, von Mechlen, Thiele, von Siegen, Schwarz, Heele, Bötticher** und **Meht:** dann ferner Fortification, Caliberſtab, Meßtiſch (ſo genannte Planchette), Phoſphorus, Polenoſcop, Helioſcop, Sonnenmicroſcop, Experimentalphyſic, Höhrrohr, Luftpumpe, Windbüchſe, Manometer, Electricität, Queckſilberthermometer, electriſche Verſtärkungsflaſche, Entdeckung der magnetiſchen Declination, ſtammen ſie nicht von **Albert Dürer, Spekle, Prätorius, Brandt, Kircher, Scheiner, Lieberkühn, Sturm, Guerike, Fahrenheit, Kleiſt** und **Hartmann.** Endlich beſtimmte **Copernic** das wahre Weltſyſtem, **Byrg** erfand die Logarithmen d), **Doerfel** die paraboliſche

d) Kepler ſagt in den Tab. Rudolph. praecept. Cap. 3. nicht nur, daß Byrg die Logarithmen erfunden habe, ſondern was für einer Methode er ſich bediente, dazu zu gelangen. Herr von Montecla iſt alſo ungerecht gegen Byrg, da er dieſem dieſe Erfindung abſprechen will, Hiſt. des Mathem. T. I. p. 471. und gegen Keplern, wenn er glaubt, daß Kepler nur aus Nationalliebe Byrgen die Erfindung zuſchriebe, Hiſt. d. Mathem. T. 2. p. 10 & 11. Ueberhaupt iſt Montecla oftmals gegen die Deutſchen höchſt unbillig, wie

Cometenbahn [e]), Hevel die Libration des Mondes und die Mondscharten, Purbach und der große Müller, mit dem Zunamen Regiomontan [f]), ſtellen die Aſtronomie wieder her, und Walther wandte die Refraction auf die Aſtronomie an; Simon Maier [g]) entdeckte vor dem Gatilai die Jupiterstrabanten, und Tobias Maier bezwang den bis dahin ſtets ausweichenden Mond. Kepler! - - - mit Ehrfurcht ſehe ich an dieſen Coloß in die Höhe, auf ſeinen Schultern ſteht ein Britte, ein ihm ähnlicher Rieſe; aber ſo wenig eine doppelte Höhe des Augenpunkts einen doppelt ſo großen Geſichtskreis giebt, eben ſo wenig ſahe Neuton doppelt ſo weit, als Kepler. Jeder Deutſche betrachte den Mann mit Erſtaunen und Beſchämung, der die Bahnen der Planeten und ihre Geſetze zuerſt beſtimmte; die

folg. Stellen erweiſen, Hiſt. d. Math. T. I. p. 469 & 470. 471.

e) Doerfel war Pfarrer zu Plauen in Sachſen, und ſchrieb: Aſtronomiſche Betrachtung des großen Cometen, welcher 1680 erſchienen iſt. Dies Buch, welches 1681 herauskam, enthält viel wichtiges, was Neuton freylich genauer nachmals bewies.

f) Regiomontan war unſtreitig einer der größten Aſtronomen. Er ſchien ſchon damals (1460--70) ſehr geneigt, die Sonne zum Mittelpunct des Weltſyſtems anzunehmen; brachte die Trigonometrie ſehr weit, und führte die Decimalbrüche und Tangenten bey ihr ein. Doppelmaier von Nürnb. Mathem.

g) Simon Maier entdeckte einige Monate vor Galiläi die Jupiterstrabanten; ſo nahe ſtehen ſich oft die Erfindungen!

wahre Theorie des Sehens [h]) und das aſtronomiſche Fernrohr entdeckte; die Attraction, die allgemeine Schwere [i]) der Himmelskörper, und daher die einzige wahre Urſache der Ebbe und Fluth angab [k]), der endlich ſelbſt einen Theil der Rechnung des Unendlichen [l]) ſchuf, und - - - in Dürftigkeit ſtarb. Aber Kepler hält die Planeten, auch unſern Erdkörper, für belebte Thiere wohl! und Neuton commentirte über die Offenbarung Johannis. Sonnenflecken, Schwachheiten, den übrigen Mitmenſchen zum Troſte, dem ſchalen Kopfe zum Vergnügen!

Nun Neutons Grab und Keplers, welch ein Contraſt! Stünde noch ein o! ſeltner Kepler [m]) in einem Winkel unter den Gräbern der Fürſten! aber ſo hat jetzt vielleicht ſchon die offene Luft die Grabſchrift weggewiſcht!

h) Carteſius nannte ihn ſeinen Lehrmeiſter.

i) M. ſ. Epitome Aſtron. Copernic. Francofurt. 1635. In introduct.

k) Ebendaſ. Lib. 5. §. 1. Die drey erſten Bücher hievon gab Kepler ſchon 1618 zu Linz heraus.

l) Noua Stereometria doliorum, Lincii 1615. und deutſch 1618 Hierin führt Kepler zuerſt den Begriff vom Unendlichen in der Mathematik ein, und legt den Grund zu der nachmals ſo wichtig gewordenen Lehre de maximis et minimis.

m) Unter den Grabſchriften großer Männer, welche in der Abtey von Weſtmünſter begraben liegen, findet ſich für Ben Johnſon nichts weiter auf einem Stein in einem Winkel, als: O rare Ben Johnſon!

Doch wie konnte man in Deutſchlands früheren Zeiten was beſſeres hoffen, da der Adel in unſerm Jahrhundert es ſich zur Schande hielt, — auf immer wird es ihm zur Schande gereichen! — der Leiche des großen Leibnitz zu folgen, während daß Herzoge und Grafen Newtons Leichentuch trugen.

Leibnitz, dieſer alles umfaſſende Kopf, gegen den nur England unbillig iſt [n]), was ſahe, was erfand nicht er, und was hätte er nicht mehr thun können, hätte nicht ſeine Allwißbegierde ihn von den Geheimniſſen der tiefſten Mathematic, die er ſo glücklich enthüllte, zuweilen weggeriſſen! Denn was ſtand dem nicht offen, der die Differentialrechnung erfand, die Kettenlinie und Brachyſtochrone beſtimmte, und mehrere gleich ſchwere Aufgaben auflöſete!

Hier iſt weder die Abſicht, alle die größten Männer unſerer Nation aufzuführen, noch auch das Verdienſt großer Ausländer, z. B. eines Descartes, Gaſſendi, d'Alembert, Buffon, Bacon, Boyle, Bradlei oder Locke, herunter zu ſetzen, dies wäre von mir nicht nur verwegen, ſondern gerade zu lächerlich; aber Nation gegen Nation geſtellet, auf welcher Seite iſt der Ausſchlag?

n) Doch ſcheint es, als wenn einige billig denkende, der Sache kundige Engelländer anjetzo dem Leibnitz die Ehre, die Differentialrechnung gleichfalls erfunden zu haben, nicht mehr ſtreitig machen wolle. Warring Meditationes Analyticae Londini 1776.

ſelbſt wenn man auch zugäbe, daß verſchiedene der obenbenannten Erſindungen andern Ländern zugleich gehörte.

Und bey alle dem konnte Voltaire den Deutſchen überhaupt **dumm** nennen! „Es iſt ein Beweis,“ ſagt er, „daß der Zufall die Erfindung „hervorgebracht hat, weil die dummſte Nation, die „Deutſchen, am meiſten erfand.“ Dieſe Worte enthalten die ungezogenſte Grobheit mit dem gröbſten Trugſchluß verbunden. Es iſt nichts darin wahr, als, daß der Deutſche viel erfand. Einmal iſt es für jeden geſitteten Menſchen höchſt unanſtändig, eine ganze civiliſirte Nation zu ſchimpfen, Sinnloſigkeit aber wird es, wenn es nur deswegen geſchieht, weil man ſich auf keine andere Art an den Stärkern rächen kann.

Die flüchtigſte Nation, die Franzoſen, hat gute Tragödienſchreiber, alſo muß es ſehr was unbedeutendes ſeyn, eine gute Tragödie zu ſchreiben. So viel Unrichtigkeiten dieſer Schluß auch enthält, ſo reichen ſie doch bey weitem nicht an die der Voltairiſchen Folgerung. Oder, wie wenn ein Afrikaner oder Amerikaner den Voltairiſchen Schluß auf die Europäer anwendete, verdiente er nicht Mitleiden? In wie weit kann aber der Zufall zu wichtigen Erfindungen Anlaß geben? Die Erfindungen gehen entweder diejenigen Stücke an, welche zur Nothdurft gehören, es ſey nun zum Lebensunterhalt oder Vertheidigung; oder ſie gehören zur Bequem-

lichkeit, zum Luxus; oder ſie ſind endlich ſcientifiſch, ſchlagen in ſpeculativiſche Wiſſenſchaften.

Anlaß geben kann der Zufall augenſcheinlich mehr zu den Erfindungen der beyden erſtern Arten, als zu den der dritten; denn um die Differentialrechnung erfinden zu können mußte Leibnitz tiefe mathematiſche Kenntniſſe ſchon vorher beſitzen. Hingegen könnte es möglich ſeyn, daß eine Feuersbrunſt die Schmelzung der Metalle lehrte. So ſoll das Glasmachen, die Entdeckung des Magnets, die Inoculation, wie Plinius ſagt, durch ein Ohngefähr entſtanden ſeyn o).

Aber Anlaß zum Erfinden geben, und die Erfindung ſelbſt machen oder vollenden, iſt himmelweit von einander verſchieden. Zwey gleich alten Nationen, unter einerley Himmelsſtrich, bot wahrſcheinlich bey einer großen Anzahl Jahren der Zufall gleich oft (im Durchſchnitt gerechnet) Gelegenheit zu der Entdeckung des Feuers an. Ein Kieſel, der

o) Plinius ſcheint dem Zufall überhaupt ſehr gewogen: Hic ergo caſus hic eſt ille, qui plurima in vita inuenit Deus. Hiſt. natur. lib. 27. cap. 3. Ich geſtehe aber, daß ich von dem von ihm angegebenen Urſprung verſchiedener Entdeckungen gar nicht überzeugt bin. So ſoll der Magnet durch einen Schäfer, deſſen Stab zu oberſt mit Eiſen beſchlagen, an einem ſolchen Stein von ungefähr hängen blieb, entdeckt ſeyn, Lib. 36. Cap. 16. Aber der Stein war ja in der Erde roh unbewaffnet, der Schäferſtab konnte alſo ſchwerlich mit einer Gewalt, die die Aufmerkſamkeit eines der Sache völlig unkundigen Schäfers auf ſich zog, feſtgehalten werden.

gegen den andern geworfen, Funken gab, ein Wetterſtrahl, der einen Baum anzündete, kommen oft genug in einer Reihe von Jahren bey allen Nationen vor, und dem ohngeachtet kannten die Völker der Marianiſchen Inſeln bey ihrer Entdeckung durch die Europäer kein Feuer. Lag dies an dem Zufall? gewiß nicht, in Ländern, wo es nicht an Gewittern fehlt, wo ſelbſt die benachbarten Inſuln feuerſpeyende Berge haben. Wenn alſo der Zufall die übrigen Nationen das Feuer kennen und gebrauchen lehrte, ſo lag es augenſcheinlich an der Dummheit, Faulheit, oder dem Leichtſinn der Bewohner der Marianiſchen Inſuln, daß ſie nicht gleichfalls mit dem Feuer bekannt waren. Einige Affenarten wärmen ſich an dem von den Negern zurückgelaſſenem Feuer, ohne dennoch dies Feuer durch Zulegen von Holze, das ihnen doch ſo nahe iſt, zu unterhalten. Faulheit oder Dummheit iſt offenbar hieran Schuld

Geſetzt, es ſey wahr, daß durch ein zufällig am Strande angezündetes Feuer der Sand ſich in Glas verwandelte, wann diejenigen, welche dies Feuer angemacht hatten, eben wie die Bewohner der Mariansinſuln Leichtſinn oder Faulheit genug hatten, hierauf nicht acht zu haben, was half dann der Zufall? das Glas blieb dennoch unentdeckt.

Wer alſo den Zufall am meiſten benutzte, wer die beſten und wichtigſten Folgen daraus herleitete, der entdeckte, der erfand am mehrſten. In ſo weit iſt alſo der thätige Mann, der Denker, am mehr-

ſten zum Erfinden geſchickt; und in ſo weit iſt es Unſinn, den Erfinder dumm zu nennen, denn es hieße den Denker um des Denkens willen für dumm erklären. Der Zufall kann freylich zuweilen die Erfindung angeben; ſo ſagt man, habe Berthold **Schwarz** das Schießpulver durch Zufall entdeckt, nämlich er wußte nicht vorher, was die Miſchung von Kohlen, Schwefel und Salpeter, wenn ſie durch Stampfen oder Reiben Feuer fieng, für Wirkung zeigen würden; hätte ſich aber dieſer **Schwarz** nicht mit der Chemie, mit Trennung und Miſchung verſchiedener Körper abgegeben, ſo hätte nie der Zufall ihm Pulver machen gelehrt. Noch mehr, hätte **Schwarz** nun dieſes Entzünden und Auseinanderſchlagen nicht weiter benutzt, hätte er nicht auf das Verhältniß der Beſtandtheile des Pulvers Acht gegeben, ſo wäre durch Leichtſinn dieſe Erfindung ſelbſt, wenn ſie der Zufall ſchon gemacht hatte, vergeſſen, ungenutzt geblieben, ſie hätte nie exiſtirt, wenigſtens den Folgen nach.

Den Erfindungen in den höheren Wiſſenſchaften darf ich gar nicht das Wort reden; **Leibnitz** nimmt ſich vor, die Kettenlinie zu finden, nach vielem Denken, Combination und Wendung von Ideen löſet er das Problem auf. Da war es alſo auch Zufall, daß er endlich auf gerade — eine ſo glückliche Wendung traf, wodurch dem Falle Genüge geleiſtet wurde? Nun ſo iſt es auch Zufall, daß ich jetzt von dieſer Materie, und nicht von den neun Metamorphoſen des Viſtnou ſchreibe; man könnte

doch keinen größern Mißbrauch des Ausdrucks wählen, oder es iſt alles Zufall; Zufall, daß Voltaire die Alzire, die Pucelle oder Henriade ſchrieb, Zufall, daß er den erfindenden Deutſchen dumm hieß, dann ſieht doch die Welt einem Tollhauſe noch viel ähnlicher, als jetzt.

Ich ſchließe dieſe Epiſode mit einer Aufforderung großer Köpfe Deutſchlands, die Entdeckungen unſerer Nation in ihr gehöriges Licht zu ſetzen, und ihr dadurch ein ewiges Denkmahl zu ſtiften. Gerne gebe ich zu, daß dies Unternehmen mit großen Schwierigkeiten verknüpft iſt; denn eben darum, weil der Deutſche ſtillſchweigend erfindet, wie ich dies oben von Byrg bemerkte; weil daher von wichtigen Entdeckungen nur geringe Urkunden, etwa nur Handbriefe, übrig ſind, weil die Erfindungen von ſo mancherley Art ſind, in ſo weit von einander liegende Fächer gehören, weil endlich ein und dieſelbe Erfindung oftmals faſt zu gleicher Zeit von mehrern gemacht worden iſt, wie z. B. die Differentialrechnung, die Entdeckung der Jupiterstrabanten u. d. ſo erfordert die Geſchichte der Deutſchen Erfindungen einen Mann, in dem tiefe Mathematic mit den ausgebreiteſten Kenntniſſen, unermüdetem Fleiße und ſelbſt Muthe, ſich vereinigen, einen unſerm Leibnitz ähnlich großen Mann. Aber eben ein ſolcher Mann fehlt uns nicht, Käſtner nicht etwa bloß durch Vaterſtadt, oder frühen Proben reifender Talente ſeinem großen Landsmanne ähnlich, ſondern durch eben den durchdringenden Tiefſinn, durch

eben jene übermäßige Summe von Kenntniſſen, durch eben den thätigen betriebſamen Eifer, jeder Art von Gelehrſamkeit fortzuhelfen. Oder ein Heyne, ein Leſſing in Geſellſchaft eines vorzüglichen Mathematikers, ſie an der Quelle der Urkunden aller menſchlichen Kenntniſſe, was brächten ſie mit ihren großen Talenten, tiefen forſchenden Geiſt nicht zu Stande! Ein Monument nicht nur zur Ehre von Deutſchland, ſondern zugleich ein daurendes Denkmal ſeines großen Urhebers!

Ich bitte den Leſer wegen dieſer langen Ausſchweifung um Verzeihung, die Gerechtigkeit der Sache riß mich wider meinen Willen fort. Vielleicht iſt es dennoch ein Wink von wirkſamern Eindruck bey den großen Köpfen Deutſchlandes, als gewöhnlich ein Wink des Rechtſchaffenen auf die Groſſen überhaupt zu machen pflegt. Würde dann der Leſer mir nicht gerne verzeihen?

Zuletzt erſuche ich, vor Leſung der Abhandlung ſelbſt, die eingeſchlichenen Druckfehler gütigſt nachzuſehen; oftmals geben ſie einen ganz veränderten Sinn.

Ueber die Elaſticität des Waſſers.

Einleitung.

Wem es wichtig iſt, die Natur der Elemente zu kennen, wenn von dieſer Kentnis die Erklärung der meiſten Erſcheinungen in der Naturlehre abhangen, dann muß die Unterſuchung des Waſſers, ſeiner Theile, ſeiner inneren Eigenſchaften einer vorzüglichen Betrachtung wehrt ſein. Auch haben ſich von jeher die gröſten Phyſiker in die Zerlegung des Waſſers eingelaſſen; aber ſo wohl die Alten als die Neueren ſind hiebey auf verſchiedene Art zu Werke gegangen. Einige ſchloſſen blos aus dem, was ſich täglich mit dieſem Elemente ereignet ſo gleich auf die Natur und Kräfte ſeiner erſten Theile, dahingegen die Gründlichern das Waſſer dem Feuer und andern gewaltſamen Mitteln ausſezten, und auf dieſe Erfahrungen ihre Schlüſſe baueten. Es iſt auf dieſe Weiſe freilich kein Wunder, wenn die Hypotheſen der erſtern nicht mit den Schlußfolgen der leztern zutreffen; aber daß auch unter denen, welche ihre ganze Kentnis durch Verſuche heraus brachten, ein ſo groſſer Wiederſpruch herſcht, dies iſt weit merkwürdiger. Man kennt den berühmten Streit großer Naturkündiger unſerer Zeit über die Subſtanztheile des Waſſers. Eller hielte ſie für Erde, oder glaubte wenig-

ſtens, daß Waſſer in Erde könne verwandelt werden, da Pott [a]) dies hingegen leugnete. Beide waren ſehr große deutſche Chymiker, beide gründeten ſich auf Erfahrung, und beide waren einander gerade zu entgegen. Mir ſcheint übrigens der Satz, daß Waſſer in Erde könne verwandelt werden, bey weiten in der Anwendung nicht ſo wichtig, als man ihn insgemein, zu der Erklärung der Erdrevolutionen durch die Abnahme des Waſſers, zu ſein glaubt. Giebt man als bewieſen zu, daß Waſſer in Erde könne verwandelt werden, ſo mag wenigſtens ich es nicht über mich nehmen, zu läugnen, daß die Natur nicht auch umgekehrt aus Waſſer wieder Erde hervorbringen könne, und was iſt dann gewonnen? Wie kann man ſich zum Beiſpiel verſichern, daß die Oſtſee durch würkliche Verminderung des Waſſers kleiner geworden ſey, beſonders, wenn man noch dabey bedenkt, daß die Erhöhung des Meergrundes, die in einigen Häfen nicht zu läugnen ſteht, leicht zu dem Schluſſe, das Waſſer habe abgenommen, verführt [b]). Deßwegen ſage ich ganz und gar nicht, daß man dieſen Ellerſchen Streit für unnütz anſehen ſoll, ſolche mit entgegen geſetzten Erfahrungen geführte Streitſachen lehren gemeiniglich etwas, und es iſt an und vor ſich dem Phyſiker äuſerſt daran gelegen, zu wiſſen, ob Waſſer und Erde einerley ſind, oder vielmehr werden können, ich ſage nur,

a) Hiſt. de l'Acad. de Berlin 1746. p. 45. & 1753. p. 25. & 1756. & 1752.

b) Herr Pr. Kratzenſtein behauptet von neuem die Unmöglichkeit der Verwandelung des Waſſers in Erde. Ihm zufolge rührt die Abnahme des Meeres blos von der Summe durch die Flüſſe eingeſchwemmter Körper, alſo von der Erhöhung des Meergrundes her. m. ſ. Acta litterar. Hafnienſ. 1778. Artic. 5.

daß die Anwendung mir nicht glücklich gemacht zu ſeyn ſcheint. Hier iſt nicht der Ort, dieſe Sätze weiter aus einander zu ſetzen, ich bringe dies nur als Beiſpiel unſerer Unwiſſenheit bey.

Es iſt aber begreiflich, daß, da das Waſſer überall auf der Erde angetroffen wird, man daher nothwendiger Weiſe wünſchte, dieſen Körper genauer kennen zu lernen. Die Natur hat ihn nicht nur in ungeheuren Maſſen hingegoſſen, ſondern ſie braucht ihn aller Orten ſo ſehr, daß man keine Pflanze, kein Thier, ja faſt kein Mineral ohne ihn entſtehen und fortkommen ſieht [bb]). Eben deßwegen wurde das Waſſer von den älteſten Zeiten für ein Element angegeben, nemlich für einen Körper, ohne dem nichts in der Natur betrieben oder hervorgebracht werden könte. Dieſe Meinung, die Elemente eines aus den andern entſtehen zu laſſen, oder eines in das andere zu verwandeln, war von jeher die Lieblingsidee der Philoſophen.

Es iſt bekant, daß die alten Naturforſcher, z. B. Vitruw [c]) eigene Verſuche angaben, wodurch ſie zeigen wolten, daß das Waſſer in Luft könne verwandelt werden; aber eben die Aeolipila, wodurch ſie ihre Meinung zu beweiſen ſuchten, hat den Neueren das Gegentheil darzuthun geſchienen [d]). Indeß ſind dennoch wohl nicht alle Zweifel hierüber gehoben, da ſelbſt noch in dieſen Tagen geſchickte Chimiker es nicht für ausgemacht anſehen, ob nicht würklich Waſſer in Luft

bb) Einer der gröſten Phyſiker unſers Jahrhunderts, Torbern (Bergman) glaubt, daß das Waſſer die erſten Beſtandtheile der Steine ausmache. Phyſical. Beſchreibung der Erdkugel 1769. §. 52.

c) Vitruu. lib. I. cap. 6.

d) Wolfs Verſuche und viele andere Naturlehren.

oder Luft in Waſſer könne verwandelt werden [e]). Man wünſcht die Natur einzuſchränken; ſie muß einfach ſein, ſie ſoll nur ein oder höchſtens ein paar Grundſtoffe haben, daraus muß ſie Alles ſchaffen, Alles hervorbringen; aber man denkt nicht, daß wir mit dieſer Simplicität der Natur in der That in unſerer Kentnis faſt um nichts weiter kommen; denn nun wird es noch unbegreiflicher, wie ſie mit ſo wenigen Originalſubſtanzen alle die Uebrigen, für unſere Sinnen oftmals ſo außerordentlich verſchiedenen, erzeugt. Die Schwierigkeiten häufen ſich alſo auf der andern Seite nur deſto mehr. Bißher ſcheinen wenigſtens die Unterſuchungen der Erſten oder Grundſubſtanzen der ſogenanten Elemente für uns eben ſo unfruchtbar, als dem großen Bacon die Teleologie [f]).

Können wir aber hierin nicht ſo weit kommen; ſo muß uns deſto mehr daran liegen, diejenige Eigenſchaft der Körper zu unterſuchen, welche auf uns, öconomiſch oder mechaniſch anwendbar, brauchbar werden. Daher iſt die Unterſuchung der Kräfte feſter und flüßiger Körper der wichtigſte Dienſt für den Menſchen. So brachte Kepler und Neuton ohne die Natur der erſten Urſachen beſtimmen zu wollen, das Weltſyſtem, die Ebbe und Fluth und die Optic, Guerike aber und Boyle die Lehre von der Luft mit ihren weitern Anwendungen in Ordnung. Hätte man zu Guerikens Zeiten die Luftpumpe für unnütz, für eine bloß artige Erfindung gehalten, ſo würde die nunmehro daher entſtandene Anwendung auf das ganze

e) De Machy und dagegen de la Folie. m. ſ. Rozier Obſervat. ſur la Phyſique l'hiſt. nat. & les Arts 1776. Juillet. Leidenfroſt vortrefliche Abhandlung de aqua communi.

f) Eſt ſicut virgo ſterilis, quae nihil parit. Baco.

Maſchinenweſen die große Wichtigkeit dieſer neuen Wahrheiten entſcheiden. An das Bergmeſſen durch das Barometer, an den Nutzen des Thermometers bey der Refraction dachten wohl Torricelli, Guerike und Fahrenheit noch nicht. So wie aber die Entdeckung der Elaſticität der Luft wichtig geworden iſt, ſo iſt es nicht unbillig geſchloſſen, wenn man von der Unterſuchung der Kräfte des Waſſers, einen eben ſo allgemein verbreiteten Flüſſigen, gleichfals beträchtliche Vortheile hoffet. Unrecht iſt es jederzeit, wenn man die erſte Entdeckung eines Landes deswegen für unnütz ausgiebt, oder ſeinen Entdecker verachtet, weil er nicht ſogleich eine topographiſche Charte des neuen Landes, ein genaues Verzeichniß ſeiner Producte und der daher entſtehenden neuen Handelszweige liefert oder liefern kan. Nein, dieſer Mann hat immer einen wichtigen Schritt gethan, und wenn ihm andere folgen, wird ſich die Ergiebigkeit von ſelbſt zeigen. So kan auch die nähere Unterſuchung der Elaſticität des Waſſers und die Erfindung ſolcher Maſchinen, welche dies zum Gegenſtand haben, (nicht zu gedenken, daß die Unterſuchungen dem Phyſiker ohne alle weitere Rückſicht wichtig ſind) in der Folge anwendbar, und den Menſchen nützlich werden.

Ich werde hier, nachdem ich verſucht habe, durch einige allgemeine Betrachtungen die Elaſticität des Waſſers erweisbar zu machen, die dahin zielende Verſuche und Meinungen vortragen, man wird dadurch in Stand geſezt, Alles hieher gehörige auf einmal zu überſehen. Entſtünde aber aus dem Ganzen auch nur ein Beitrag zu der Geſchichte unſerer Unwiſſenheit, ſo lernt man wenigſtens doch dabey den Gang kennen, den die Vernunft gewählt hat, um ſich von einer phiſicaliſchen Wahrheit zu verſichern, und man gewöhnt ſich zur gröſten Beſcheidenheit, wenn man

die Schwierigkeiten einſieht, welche ſich ſelbſt dem, mit den beſten Inſtrumenten ausgerüſteten Naturforſcher auch noch in unſern Zeiten in den Weg ſtellen.

Vorläufige algemeine Betrachtungen.

Alle uns bis jezt bekante Körper ſind weder vollkommen hart, noch vollkommen weich, aber auch nicht vollkommen elaſtiſch. Eher iſt es indes möglich, bey den Verſuchen über die Geſetze des Stoßes der Körper ſolche zu finden, die da denen berechneten Geſetzen für die elaſtiſchen und weichen Körper Genüge leiſten, als hinreichend harte Körper. Wenn K die Geſchwindigkeit zweier harter Körper nach ihrem Zuſammenſtoßen bedeutet, dann muſte nach dieſem bekanten Fundamentalgeſetze $K = \frac{MC - mc}{M + m}$, augenſcheinlich K verſchwinden, wenn man Maſſen und Geſchwindigkeiten einander gleich ſezt; keiner dieſer Körper würde alſo wieder zurück ſpringen. Wer nur jemals hieher gehörige Verſuche angeſtellt hat, dem werden keine Körper vorgekommen ſein, die nicht nach dem Stoße noch zu einer meßbaren Weite zurück gegangen wären. Es iſt dies alſo eben ſo gut, als ein Beweiß für das Daſein eines beträchtlichen Grades von Elaſticität in jedem Körper, ſo wohl in den feſten als flüßigen. Leztere mögen betrachtet werden, wie ſie wollen, ſo komt man doch dahin überein, daß ſie zulezt aus kleinen feſten Theilen, von runder oder ovaler Figur zuſammen geſezt ſind, und in ſo fern nehmen ſie mit Recht an den Geſetzen der feſten Kör-

per Theil. Daher wird es ſchwer werden, dem Waſſer einen ſolchen Grad der Elaſticität abzuſprechen, der in die Augen fällt. Indeß kann man bey der, aus dem Abprallen des Waſſers bewieſenen Elaſticität dennoch nicht behutſam genug ſein. Es iſt in der That leicht möglich, das Abprallen unter einem ſpitzen Winkel gegen das Waſſer geworfener Steine oder geſchoſſener Kugeln lediglich der Elaſticität zuzuſchreiben. Beſonders hat ſich Bellogradi vor dieſe Meinung erklärt [g]). Er betrachtet das Waſſer als eine feſte Fläche, von welcher ein dagegen geworfener Körper zurück fliegt; da nun dies mit wenigem Verluſt der Kraft und geringer Verringerung des Einfalswinkels geſchahe, ſo mußte denn das Waſſer freilich ſehr elaſtiſch angenommen werden. Nicht nur durch theoretiſche Gründe, ſondern zugleich durch wichtige Verſuche unternahm der berühmte Spallanzani das Irrige in der Unterſuchung ſeines Landsmans darzuthun, und zugleich dem Waſſer faſt alle ſichtliche Elaſticität abzuſprechen [h]). Er verſuchte das Experiment der zurückprallenden Körper auch mit weichem Thon, mit zähem Flußſchlamm und mit dem Gelben vom Eie, und fand, daß dieſe Körper, die doch wohl nicht vor merklich elaſtiſch angeſehen werden können, ähnliche Reſultate in Anſehung des Abprallens zeigten. Er bemerkte deutlich, daß dieſes wieder in die Höhe Fliegen der Steine ſich völlig durch eine bloße Veränderung ihrer Richtung, welche durch den Wiederſtand des Thons oder Waſſers entſtünde, erklären laſſe.

g) Della Rifleſſione de' Corpi dall Acqua, & della diminuzione dalla mole di Saſſi ne Torrenti e ne Fiumi. In Parma 1753. 4to.

h) Spallanzani phyſicaliſche und mathematiſche Abhandlungen, 5te Abhandlung von dem Abprallen der Steine vom Waſſer.

Auch leitet er daher das Wiederaufſpringen der von einer Höhe auf eine Waſſerfläche herabfallenden Tropfen. Er ſtelt ſich die Waſſermaſſe als aus unterſchiedenen Schichten zuſammengeſezt vor. Indem nun der Tropfen die Oberfläche des Waſſers berührt, ſo öfnet ſich gleichſam die obere Schichte durch die Gewalt des Tropfens, dann eine zweite und ſo fort, bis die Kraft des fallenden Tropfens erſchöpfet iſt. Durch dieſes Trennen oder Auseinanderſchieben der Waſſerſchichten entſteht nothwendig eine Grube, wie etwa in der erſten Figur, die ich hier lieber im Durchſchnit gezeiget habe, um dem Leſer es begreiflicher zu machen (1ſte Figur 3te Tafel). Die Theile der oberſten Schichte *a* und *b* treten alſo über die Horizontalfläche um die Höhe *ax*, die Theile der zweiten werden um die kleinere Höhe *cx* aus ihrem wagrechten Stande gebracht. Dieſe Theile der Schichten ſuchen ſich alſo nach dem Stoße wieder in ihre vorige Lage zu ſetzen, und da ſie, beſonders wenn die Theile ſehr flüßig ſind, dies mit einer Geſchwindigkeit thun, die dem Stoße gemäß iſt, ſo drucken ſie durch ihr Zuſammenſtoßen, Theile des ſich ſehr leicht trennenden Waſſers *o* in die Höhe. Bei zähen Materien, z. B. bei dem Gelben vom Eie, geſchieht dies langſamer, und muß die Höhe desfals ſchon anſehnlich ſeyn, wenn man dieſes Ausſprützen bemerken will.

So weit, dünkt mich, ließen ſich die Hauptphenomene, welche Bellogradi lediglich der Elaſticität des Waſſers zuſchreibt, durch die auf unleugbare Verſuche ſich gründende Erklärung des Spallanzani begreiflich machen. Ueber einen Punct des Bellogradi ſcheint Spallanzani etwas zu geſchwinde hinweg zu gehen. Bellogradi [i]) führt das Abſpringen

i) Bellogradi a. a. O. S. 51.

oder vielmehr Zurückſpringen des von einer Höhe gegen einer Marmorfläche fallenden Waſſertropfens als einen Beweiß der Elaſticität des Waſſers an. Dieſes Zurückprallen kann man, ſagt er, nicht der Elaſticität des Marmors allein zuſchreiben; weil zu dem Reflex die Elaſticität beider gegen einander treffenden Körper, ſo wohl des Marmors als des Waſſers erfordert wird [k]). Dagegen erinnert nun Spallanzani freilich nicht ohne Grund, daß zu dem Abprallen nur die Elaſticität des getroffenen Körpers und ein gewiſſer Grad Härte von Seiten des auffallenden Körpers erfordert werde, beide Körper brauchten aber nicht zugleich elaſtiſch zu ſeyn [l]). Und in der That muß ja ein harter Körper von einem elaſtiſchen, gegen den er ſtößt deswegen zurück prallen, weil der elaſtiſche ſich ſo gleich nach dem Stoße wieder herſtellt, und den harten dadurch zurück wirft. Es wäre ſehr unrecht, wenn man hier einen ſolchen Körper annähme, der ſo wenig Elaſticität beſäße, daß er durch ſein Wiederherſtellen nicht den Tropfen zurückwerfen könte, denn da hier von einem elaſtiſchen Körper die Rede iſt, wie z. B. vom Marmor, ſo ſezt man ſchon einen anſehnlichen elaſtiſchen Körper, gegen welchen das Waſſer fällt, zum Grunde; und dann muß augenſcheinlich der dagegen ſtoßende, er mag hart oder elaſtiſch ſeyn, zurück gehen.

Auch führt Spallanzani mit Recht harte Körper, die von geſpanten Saiten zurück geworfen wer-

k) Bellogradi p. 52. Né vuolſi dire che un tal fenomeno deeſi al elaterio del marmo. Poiche alla rifleſſione richiedeſi la forza elaſtica in amendue, cioè a dire e nel marmo che urtaſi e nel corpo che l'urto forma e produce; altrimenti anche i corpi molli riſali rebbero dal porfido, e dall' avorio.

l) Spallanzani Abhandl. S. 256.

den, hier als paſſende Beiſpiele an. Minder paſſend ſcheint mir aber das Beiſpiel von kleinen marmornen gefärbten Kugeln, welche auf eine Marmorfläche fallen und dann Flecke zurücklaſſen; denn bey dieſen Vergleichen würde Bellogradi immer gewinnen, da beyde Körper von Marmor, oder elaſtiſch ſind. Von weichen Körpern, die gegen elaſtiſche Körper fallen, deren Bellogradi gedenkt, iſt in Anſehung des Waſſers nicht die Rede, denn man ſtreitet nicht, ob das Waſſer weich oder elaſtiſch, ſondern hart oder elaſtiſch ſey.

Gienge man indes dieſen Verſuchen weiter nach, ſo lieſſe ſich auf eine andere Art dennoch etwas für die Elaſticität des Waſſers, gegen Spallanzani, heraus bringen. Es iſt unleugbar, daß zwey Körper, welche in ungleichen Graden elaſtiſch wären, gegen ein und eben dieſelbe harte oder elaſtiſche Fläche von gleichen Höhen fallend, je nach dem Grade ihrer Federkraft, weit oder minder weit zurück ſpringen werden. Man müßte daher Körper von gleichem Gewicht oder Maſſen, z. B. eiſerne, zinnerne, bleierne Kugeln, etwa Schrot oder Hagelkörner, mit einem gleichen Maaße oder Tropfen Waſſer von einerley Höhe gegen eine Marmorplatte herab fallen laſſen, und dann die Höhen, welche ſie im Zurückprallen erreichen, genau abmeſſen. Man weiß, daß der vom Dache fallende Regentropfen anſehnlich in die Höhe ſprüzt. Aber da die Waſſertheile beim Zurückprallen, wegen ihrer geringen Coheſion, ſich leicht in kleinere zertheilen, ſo müßte man eben die Höhen dieſer kleinern vermöge eines Papiers, an welches ſie anſchlagen würden, abmeſſen. Bey dem Hagel oder Schrot kõnte ein Maaßſtab hiezu hinreichend ſeyn. Nur müßte man ſich in Acht nehmen, daß man, um das Zurückprallen ſtärker zu machen, nicht etwa eine Menge Waſſer hinter

einander fallen ließe, weil ſo dann die nachfolgende Waſſertheilgen ſich mit den erſtern bereits zurückſpringenden vermiſchen würden, und an Höhe verlöhren. Vermuthlich würde man Körper finden, die nicht zu gleicher Höhe mit den Waſſertropfen zurückpralleten; der Verſuch erfordert indeß mehr Genauigkeit und Vorrichtung, als man würklich beim erſten Anblick glaubt.

Ich komme zu einem andern Beweiß der Elaſticität des Waſſers, welcher, ich weiß nicht aus was vor Gründen, von Muſſchenbroek faſt gänzlich hintan geſezt worden iſt; dies iſt die Fortpflanzung des Schalles vermöge des Waſſers. Muſſchenbroek führt zwar die engliſchen und Nolletſchen hierüber angeſtellte Verſuche an m), allein er zieht hieraus, wie mit Fleiß, nicht die höchſt natürliche Folge, daß das Waſſer nothwendig elaſtiſch ſein muß, um den Schall fortzupflanzen. So bald einige richtig angeſtelte Verſuche, wovon ich die hauptſächlichſten ſo gleich beybringen werde, dieſe Fortpflanzung würklich zeigen, ſo lieſſe ſich der Einwurf, daß der im Waſſer enthaltenen Luft dieſe Fortpflanzung allein gehöre, auf folgende Art leichtlich heben.

Die Vertheilung der Lufttheile in dem Waſſer kan auf drey verſchiedene Arten oder Stellungen gebracht werden. Die 2, 3 und 4te Figur der dritten Tafel zeigen Durchſchnitte einer Waſſermaſſe. Die Cirkul bedeuten Luft und die Schlanolinien Waſſertheile. In der erſten Figur A. liegen die Lufttheile ſchichtweiſe horizontal, in der zweiten unordentlich, ohne ſich zu berühren. Entſteht nun durch eine Glocke oder auf irgend eine andere Art ein Schall, ſo iſt es unmöglich, daß dieſer, wann er auch zunächſt bey der Luft ent-

m) Introduct. ad Philoſoph. naturalem T. 2. p. 930.

ſtünde, ſich bloß durch Hülfe der Luft fortpflanzen könte. Denn jederzeit würden in beyden Fällen die Schwingungen der Luft von dem Waſſer, das hier als völlig unelaſtiſch angenommen wird, und zwiſchen den Lufttheilen ſteht, aufgehalten. Der dritte Fall, welchen die vierte Figur zeiget, brächte hingegen den Schall von dem im Waſſer klingenden Körper an die obere Luft. Hier wären nemlich die Lufttheile, von dem klingenden Körper an, in einer perpendiculairen, ſchiefen oder krummen Stellung ſo, daß das Lufttheilgen einer Schichte grade auf dasjenige der folgenden träfe, oder es berührte, und auf die Weiſe wäre dieſe in die Höhe ſteigende Reihe Luftkügelgen im Stande, den Schall fortzupflanzen. Aber was wird zu dieſem Falle alles erfordert? nicht weniger, als daß in jeder Waſſerſchichte ein Lufttheilgen gerade ſo ſtünde, daß es auf das andere paßt. Keine von dieſen Schichten darf im mindeſten in Unordnung gebracht werden, denn ſo bald nur irgend ein Lufttheil, z. B. *a* in der Figur nach einer Seite fort rückte, ſo hört dadurch alle Gemeinſchaft auf, der Schall wird gehemmt.

Erſtlich iſt hier die gröſte Unwahrſcheinlichkeit, daß die Lufttheile gerade dieſe Stellung haben, und geſezt, man nähme dieſes Unwahrſcheinliche an, ſo wird zu der Erregung des Schalles im Waſſer, jederzeit eine Bewegung nohtwendig; dieſe bringt alſo leicht die Waſſerſchichten aus ihre dem Schalle vortheilhafte Lage. Sezte man, daß eben dieſe Bewegung dieſe gute Lage der Lufttheile hervorbrächte, ſo würde nicht nur dieſes Hervorbringen ſelbſt das gröſte Ohngefehr ſeyn und bey fortdaurender Bewegung des tönenden Körpers ſich dennoch leicht wieder aufheben. Und wie wüchſe nicht die Unwahrſcheinlichkeit bey einem fließenden an ſich bewegten Waſſer? Haben alſo richtig gemachte Verſuche gezeigt, daß ſo wohl der im Waſſer

erzeugte Schall ſich bis zu der obern Luft fortpflanzet, ſondern umgekehrt ein in der Luft erzeugter Ton gleichfals im Waſſer gehört worden iſt, ſo fallen aus obiger Betrachtung alle Zweifel gegen die Unelaſticität des Waſſers weg. Folgende Verſuche haben dies entſchieden.

Der Abt Nollet [a]) lies ſich zu wiederholten Mahlen in die Seine hinab, während daß er im Waſſer war, lies er, nach einem abgeredten Zeichen, am Ufer rufen, auf einer Pfeife blaſen, mit einer Glocke klingen und eine Piſtole losſchießen. Deutlich hörete er im Waſſer alle dieſe Töne, nur etwas geſchwächt. Aber der Unterſchied der Stärke verhielt ſich nicht wie die Höhe des über ihm ſtehenden Waſſers. Er hörte nemlich einen Schall oder einen Ton faſt eben ſo ſtark, da er zwey Fuß Waſſer über ſich hatte, als da er nur mit wenigen Zollen bedeckt war. Ferner fand er den Ton innerhalb des Waſſers mit dem in freier Luft von einer Art. Er hörte z. B. *c*, wenn man *c* blies, und nicht etwa eine Octave tiefer.

Arderon lies ſo gar Leute bis auf zwölf Fuß unter Waſſer tauchen, und ſie hörten ſelbſt noch dann das Schießen eines Gewehrs [b]). Nollet ſezte ſich in ein Gefäß voll Waſſer, ſo daß das Waſſer ihm bis über den Kopf ging. Er ſchlug in dieſem Zuſtande Steine an einander, klingelte mit einer Glocke, und fand dieſen Schall außerordentlich ſtark, beſonders fiel ihm das Klappern der Steine ſehr unangenehm [c]). Arderon ließ einen Menſchen mit einer Glocke unter dem Waſſer in unterſchiedenen Tiefen klingen. Er

a) Mem. de l'Acad. d. Scienc. d. Paris 1743. p. 287. holl. Ausgabe.
b) Philoſoph. Tranſact. Nr. 486.
c) Nollet Mem. a. a. O. p. 309.

hörte ſie am Ufer. Um ſich zu überzeugen, ob nicht etwa die im Waſſer befindliche Luft die Haupturſache des Schalles ſey, reinigte Nollet eine beträchtliche Menge Waſſer von Luft, ſezte dann in dieſes luftleere Waſſer einen ſo genanten Wecker (eine Art Uhrwerk) und fand nicht die mindeſte Verminderung in der Stärke des Schalles [d]). Es war nemlich der Schlag des Weckers in dem luftleeren Waſſer eben ſo ſtark, als in dem unausgepumpten Waſſer. Hätte die Luft hier etwas beträchtliches beym Schalle gethan, ſo würde er wenigſtens vermindert worden ſeyn. Muſſchenbroek wiederholte dieſen Verſuch, und er gelang ihm nicht nur wie dem Abte mit Waſſer, ſondern noch mit mehreren Flüßigkeiten [e]), aber dem ohnerachtet wendet er nicht, wie Nollet mit Recht thut, dieſe Verſuche zum Beweiſe für die Elaſticität des Waſſers an, er ſcheint wie oben Spallanzani gänzlich gegen dieſe eingenommen zu ſeyn.

Endlich ſcheint auch das Zuſammenziehen einer Waſſermaſſe durch die Kälte Elaſticität anzuzeigen. Wird eine Thermometerröhre bis zu einer gewiſſen Höhe mit irgend einem Flüßigen gefüllt, und man ſezt ſie nachmals in ein Gemiſch von Salmiac und Eiß, ſo zieht ſich das Flüßige zuſammen, ſeine Columne wird anſehnlich kleiner. Hierin kömt auch Muſſchenbroek [f]) mit dem Bellogradi überein, nemlich daß erſterer ſelbſt dies für einen Beweiß der Condenſibilität des Waſſers anſieht. Freilich wirkt die Kälte, die die feinſten Theile des Flüßigen durchdringt, ganz anders als Kräfte, die bloß das Aeuſere des Waſſers angreifen können und eben daher geſteht Muſſchen-

d) a. a. O. S. 301 bis 306.

e) Muſſchenbr. Introd. ad Philoſ. Natural. T. 2. p. 931.

f) Introd. ad Phil. nat. T. 2. p. 575.

broek dieſes Zuſammendrücken des Waſſers in der Kälte, ſo zu ſagen ausſchliesungsweiſe, zu. Allein da dadurch die Möglichkeit, daß flüßige Körper in einen kleinen Raum zuſammengehen können, bewieſen iſt, ſo iſt es zu geſchwind geſchloſſen, wenn man dieſes nur auf eine einzige Art zu bewerkſtelligen möglich glaubt. Alſo ließe ſich überhaupt dem Waſſer und verſchiedenen andern flüßigen Körpern die Condenſabilität nicht abſprechen. Das folgende wird zeigen, wie weit wir in dieſer ſchwierigen Unterſuchung gekommen ſind, und wie viel mehr uns noch unbekant zurück bleibt.

Meinungen der Alten von der Natur des Waſſers.

Nicht alle die Meinungen der alten Philoſophen von den Elementartheilen des Waſſers werde ich hier vortragen; ich müßte verſchiedene unnüße Einfälle wieder abſchreiben, und da ſie, ohne durch Erfahrung und Experimente unterſtüzt zu ſeyn, hingeſchrieben ſind, ſo lehrten ſie ohnehin nicht viel. Es iſt für uns alſo überflüßig, daß Thales und Democritus das Waſſer für die Grundſubſtanz aller Körper ausgaben, aber bey der Meinung des Ariſtoteles müſſen wir etwas ſtehen bleiben. Man könte einigermaßen durch ſeine Definition des Harten und Weichen [g]) verleitet werden zu glauben, daß er das Waſ-

g) Ariſtot. Meteorologicor. Lib. IV. Cap. 4. nach des Vatabels Ueberſetz. in der Caſaubon. Ausgabe. Ariſtot. Opp. Omn. Lugdun. 1590. fol. p. 362.

ſer für weich hielte, allein er ſezt nochmals ausdrück=lich hinzu, daß das Waſſer nicht unter die weichen Körper gehöre, ſondern völlig hart ſey. Eſt autem durum, ſagt er, quod in ſeſe non refugit, molle vero, quod in ſeſe non obluctando refugit, aqua namque haud quaquam mollis eſt, quippe cuius pars ſumma compreſſione minime introcedat. Woher er dieſes glaubte, iſt leicht einzuſehen, täglich kommen Beweiſe der großen Reſisſtanz des Waſſers vor. Wer fühlt nicht die Stärke des fallenden Tropfens? wer nicht den großen Wiederſtand, den die Hand, das Ruder oder jeder feſte, gegen das Waſſer würkende Körper, empfindet? Dies konte alſo einem Beobachter, wie Ariſtoteles war, gewiß nicht entgehen. Es ſcheint wohl nicht, als ob Ariſtoteles dieſe Begriffe des Waſſers aus Experimenten wüßte, allein auf der andern Seite findet ſich dennoch eine Stelle, die etwas dergleichen vermuthen läßt. Er diſputirt in ſeiner Naturlehre über die Art, wie die Zuſammendrückung geſchehen kan, und bey der Gelegenheit ſagt er [h]): Poſſunt etiam corpora non ob ingreſſionem in vacuum, ſed ob extruſionem eorum, quae in ipſis inſunt, denſari. Veluti, cum premitur aqua, fit, vt aer, qui in ipſa eſt, extrudatur. Hier könte man auf die Vermuthung kommen, Ariſtoteles habe Verſuche über dieſe Zuſammendrückung des Waſſers angeſtellt, allein ich glaube dennoch, daß er das Beigebrachte blos als ein Beiſpiel, welches ihm damals gerade einfiel, angeführt habe, ohne würklich an ein würkliches, durch die Austreibung der Lufttheile verurſachtes Zuſammentreten des Waſſers zu gedenken. Höchſt wahrſcheinlich hätte er die Verſuche bekant ge-

h) Ariſtot. Phyſ. Lib. IV. Cap. 7. p. 223. Caſaub. Ausgabe.

macht, im Fall er welche gemacht hätte; auch raiſo-nirte man damals mehr in der Naturlehre, als daß man Thatſachen lieferte.

Mit dem Ariſtoteles ſcheint ſich aber zugleich die weitere Unterſuchung der Subſtanztheile des Waſſers zu endigen, die Lateiner ſchrieben ihn ab, oder ſagten nur dem Thales nach, daß das Waſſer das Hauptelement ſey. Muſſchenbroek bezeugt, die Alten hätten das Waſſer für weich gehalten [i]). Wenn er dies von den erſten Theilen des Waſſers verſteht, ſo geſtehe ich, daß ich dies nirgend bey den Alten habe finden können. Epicurs Meinung nach dem Vortrage des Lucrez iſt, daß das Waſſer überhaupt genommen weich ſey; allein ausdrücklich beweiſet er in folgender Stelle, daß aus dem härteſten Elementartheilgen je nach ihrer verſchiedenen Zuſammenſetzung weiche Körper, z. B. Luft und Waſſer, entſtehen können [k]).

Huc accedit, vti, ſolidiſſima materiai
Corpora cum conſtant, poſſint tamen omnia reddi
Mollia, quae fiant, Aer, *Aqua*, Terra, Vapores,
Quo pacto fiant, et qua vi cunque genantur:
Admiſtum quoniam ſimul eſt in rebus inane.

Daher können andere Stellen, worin das Waſſer weich genant wird, hier noch commentirt werden [l]). Dies ſey genug von den Meinungen der Alten, auch habe ich beym Plinius und Seneca hierüber nichts weſentliches gefunden. Und überdem lehren dieſe Einfälle nicht viel, weil ſie ſich nicht auf Verſuche gründen.

i) Muſſchenbr. Introduct. T. 2. p. 576.
k) Lucret. lib. I. v. 566—570.
l) Lucret. lib. I. v. 283.

Franz Bacon.

Mit dieſem gröſten Manne ſeiner Zeit fangen die genauern Unterſuchungen der Elaſticität des Waſſers an. Er iſt durchaus der Meinung, daß das Waſſer ſich zuſammendrücken laſſe. Muſſchenbroek ſcheint hieran einigermaßen zu zweifeln. „Bacon," ſagt er [m]), „habe in ſeinem Impetu Philoſophico, Seite „702, viele Beweiſe für die Härte des Waſſers bey„gebracht; aber in ſeinem nouo organo führe er fol„genden Verſuch an." Den Verſuch werde ich ſo gleich genauer anzeigen, nur erſt, daß Bacon nie die Härte des Waſſers im eigentlichen Verſtande, ſondern jederzeit deſſen Elaſticität behauptet habe. Auf der von Muſſchenbroek angeführten Seite des Bacon [n]) ſtehen freylich Beweiſe, daß das Waſſer ſehr ſtarken Wiederſtand thut, dies zeigt er durch die Verſuche der vom Waſſer abprallenden Steine durch die Gegenwürkung des Waſſers gegen die darauf ſchlagende Hand, oder gegen das Ruder eines Schiffes; allein dies alles erklärt er durch die Elaſticität des Waſſers. So ſagt er, z. B. einige Zeilen weiter, liegt die Urſach des, durch das Ruder fortgetriebenen Kahns, bloß in der ſich nach dem Druck wiederher-

m) Tentamina Experimentorum naturalium captorum in Academia del Cimento etc. ex Italico in latinum ſermonem conuerſa. Quibus commentar. et noua experimenta addidit P. v. *Muſſchenbroek*. Lugduni Batauor. 1731. 4to. p. 65.

n) Bacon. Opp. Omn. tranſlat. oper. S. I. *Arnoldi* Lipſiae 1694. fol. Eben dieſer Ausgabe muß Muſſchenbroeck ſich wohl auch bedient haben, weil die Anführungen der Seitenzahlen zutreffen; nur ſteht in Muſſchenbroeks zweiten Citat des Bacon ein Druckfehler; ſtatt 290 muß es 390 Seite heißen.

ſtellenden Gewalt (nemlich des Waſſers): Neque enim eius rei cauſa praecipua eſt, aqua pone puppim Scaphae ſe colligens, et Scapham in contrarium protendens, quod ipſum tamen ſit a preſſura ſe laxante °). Und das auf eben der Seite vorhergehende Monitum benimt allen Zweifel in Anſehung der damaligen Meinung des Bacon. Es fängt mit dieſen Worten an: Motus condenſationis in *aqua aut aere* aut ſimilibus, per verberationem ſiue impulſionem manifeſtus eſt. Auch ſezt er in dem folgenden das Waſſer und Luft als zwey elaſtiſche Körper beſtändig neben einander. Wiederſtand müſſen aber natürlicherweiſe alle elaſtiſche Körper leiſten, und leiſten ihn auch anſehnlich. Z. B. Elfenbein, ohne deswegen harte Körper zu heiſſen. Ich ſahe mich genöthiget, dies hier genauer aus einander zu ſetzen, weil leichtlich ein Leſer, der nur den Muſſchenbroek, ohne den Bacon ſelbſt nachzuſehen, in Händen hätte, durch den Ausdruck des erſtern, der ohnehin dem Waſſer faſt alle Elaſticität abſpricht, einen wankenden Begriff von Bacons Meinung bekommen könte. Nun der Verſuch des Bacons, wodurch er glaubte, nachmals die Elaſticität des Waſſers bewieſen zu haben.

Er ließ eine hole, ziemlich dicke bleyerne Kugel, in welche ohngefehr zwey Quartier giengen, genau voll Waſſer füllen, ſchmelzte die Oefnung nachmals zu, und hämmerte die Kugel flach. Da ſich aber das Flachſchlagen nicht weiter treiben ließ, brachte er ſie unter eine Preſſe, und drückte ſie noch ſtärker zuſammen. Da nun die Kugel unter allen Körpern den meiſten cörperlichen Raum enthält, ſo folgt, daß durch Veränderung dieſer Figur das Waſſer in einen kleineren Raum müſſe getreten ſein. Endlich litte das

°) Bacon Opp. p. 702.

Waſſer kein weiteres Zuſammenpreſſen, und drang durch das Bley in Geſtalt eines Reifs. Bacon berechnete nachher nun, wie viel der Inhalt der Höhlung durch das Preſſen vermindert ſey, um ſo viel glaubte er wäre alſo die Waſſermaſſe in ſich zuſammengepreßt. Nach der Ueberſetzung des Arnolds heißen die Worte des Bacon alſo [a]): Fieri fecimus Globum ex plumbo cauum, qui duas circiter pintas vinarias contineret; eumque ſatis per latera craſſum, vt maiorem vim ſuſtineret. In illum aquam immiſimus, per foramen alicubi factum; atque foramen illud, poſtquam globus aqua impletus fuiſſet, plumbo liquefacto obturauimus, vt globus deueniret plane conſolidatus. Dein globum forti malleo ad duo latera aduerſa complanauimus; ex quo neceſſe fuit aquam in minus contrahi, cum Sphaera figurarum ſit capaciſſima. Deinde cum malleatio non amplius ſufficeret, molendino ſentorculari vſi ſumus, vt tandem aqua, impatiens preſſurae vlterioris, per ſolida plumbi (inſtar roris delicati) exſtillaret. Poſtea, quantum ſpatii per eam compreſſionem imminutum foret, computauimus, atque tantam compreſſionem paſſam eſſe aquam (ſed violentia magna ſubactam) intelleximus. Gegen dies Experiment hat man vornemlich folgendes erinnert: Bacon habe ohnmöglich die Kugel völlig genau mit Waſſer anfüllen können, theils, weil die an den Wänden der Kugel hangende Lufttheilgen ſehr ſchwer heraus zu bringen ſeyn, theils, weil er doch bey dem Zuſchmelzen einen kleinen Raum für das Loch habe übrig laſſen müſſen. Es ſey alſo beim Hämmern und Zuſammenſchrauben die Capacität der Ku-

a) Bac. Opp. p. 390. ich habe mich dieſer Ueberſetzung durchgängig bedienen müſſen, weil ich keine Originalausgabe von Bacons Werken beſitze.

gel nur gerade um ſo viel vermindert worden, als jenes zuſammen an leerem Raume ausmacht, das Waſſer hingegen gar nicht zuſammengedrückt [a]).

Ich geſtehe, dies Experiment nie nachgemacht zu haben, allein der erſte Theil des Muſſchenbroekſchen Einwurfs trift doch augenſcheinlich eben wohl den Florentiniſchen, nachmals zu erwähnenden Verſuch, und dem ohnerachtet konten die Florentiner ihre ſilberne mit Waſſer angefüllte Kugel nicht im mindeſten hämmern, ohne daß das Waſſer nicht augenblicklich heraus drang. Beym Zuſchmelzen mag Bacon wohl ein kleines Leeres gelaſſen haben, aber wenn die ganze Kugel zuſammengepreßt wurde, ſo mußte dieſes Zuſammenpreſſen augenſcheinlich mehr betragen, als das Wenige, was beym Zuſchmelzen leer blieb, da hier das Leere an einem Flecke war, und den geſcheuten Bacon, wann es beträchtlich geweſen, aufgefallen wäre. Dies läßt ſich ſicher von einem ſolchen Manne vermuthen. Von Luft konte er das Waſſer freylich nicht reinigen, denn eine Luftpumpe hatte er noch nicht, aber erkälten, und dadurch das Waſſer zuſammenziehen, konte er. Dies wäre das, was das Florentiniſche gegenſeitige Experiment voraus hätte.

Indeß kan man dennoch dieſem Verſuche des Bacon nicht genau nachſpüren, beſonders, weil man die Quantität der Zuſammenpreſſung nicht kent. Er ſagt weiter nichts, als der innere Raum ſey kleiner worden, und daß er dieſe Zuſammenpreſſung berechnet habe, ohne einmal die Methode dieſer Berechnung oder Meſſung anzugeben. Hier könte man ſagen ſey vielleicht, beſonders wenn das Bley oder die Wände der Kugel dicke waren, eine Summe Waſſertheilgen durch die Gewalt in das Bley gedrengt, und da die

a) Muſchenbroek Tentam. p. 65.

kleinen Oefnungen oder Pori angefüllt waren, mußte es bey weiterm Zuſammenpreſſen endlich durchſchwitzen oder durchbrechen. Hätte Bacon gleich nach der erſten Operation, da noch kein Waſſer durch das Durchſchwitzen verlohren gegangen war, ohne die Kugel weiter flach zu preſſen, das Waſſer heraus gegoſſen, und dann gerade dieſelbe Quantität Waſſer wieder erhalten, ſo wäre auch dieſer Zweifel zu beantworten, wie wir nachmals ſehen werden.

Endlich könte man noch einwerfen, daß das Metall, nemlich das Bley, der Kugel nachgegeben habe. Da das Bley würklich eines der weicheſten nachgebenſten Metalle iſt, ſo wäre dieſem Falle nicht genau Genüge zu leiſten. Allein da Bacon ausdrücklich ſagt, er habe berechnet, um wie viel der Inhalt des Sphäroids (oder eigentlich der durchs Zuſammenpreſſen unregelmäßig flach geſchlagenen Körpers) kleiner geworden ſey, als der Inhalt der erſten Kugel, ſo folget wirklich, daß im Fall wirklich das Bley ſolte nachgegeben haben, es nach geendigtem Verſuch durch Elaſticität ſeine vorige Größe wieder angenommen habe. Dieſer leztere Fall iſt erſtlich deßhalb nicht möglich, weil ich nachmals eigene zu dem Ende angeſtellte Verſuche anzeigen werde, die da dieſe Elaſticität ſelbſt bey weit elaſtiſchern Metallen, als das Bley, in ſolchen Fällen ſehr unbeträchtlich angeben. Zweitens wiederlegt ſich auch dieſer Einwurf dadurch, daß denen Academiſten von Florenz, und nachmals Muſſchenbroeken ſelbſt weder mit bleyern, noch zinnern, oder ſelbſt ungleich elaſtiſchern ſilbernen Kugeln nicht ein gleiches wiederfuhr. Sieht man alſo nicht, wie Muſſchenbroek ohne Erweis thut, den Baconſchen Verſuch dadurch als völlig unbelehrend an, daß man dem Bacon Schuld giebt, er habe die Kugel nur ſo obenhin gefüllt, ſo bleibt zwar bey dieſem Verſuche

noch immer verſchiedenes unbeſtimmt, aber eigentlich ſchienen die beyden Fehler das Experiment am meiſten zu treffen; nemlich, daß das Waſſer des Bacons nicht luftleer; zweitens, daß es nicht bis zum Frierpunkt erkältet war.

Robert Boyle.

Zuerſt nach dem Bacon habe ich Niemanden gefunden, der ſich mit dieſen Unterſuchungen beſchäftiget hätte, als ſeinen Landsmann, den berühmten Boyle. 1661 machte er zum erſtenmahl ſeine Unterſuchungen über die Luft unter dem Titul: Phiſico mechanical Experiments upon the Spring and Weight of the Air, bekant, wenigſtens ſagt dies der Herausgeber der Auszüge ſeiner ſämtlichen Werke [a]), Peter Shaw. Aber ich finde, daß Boyle zu Ende ſeiner vortreflichen Schrift an einen Herrn von Dungarvan 1659 datirt hat; alſo wären die Verſuche, welche ich hieraus beybringen werde, ſchon vor oder in dieſem Jahre gemacht. Ich muß hier erinnern, daß man den Hauptverſuch mit dem Waſſer, der hieher gehört, gar nicht beym Shaw findet. Da er alles zuſammen zog, ſo muß dies Experiment ihm unbedeutend vorgekommen ſeyn, da es doch das einzige unter den übrigen iſt, was gerade zur Sache geht. So wenig kan man ſich oftmals auf die Herausgeber und Abkürzer fremder Schriften verlaſſen! In der lateiniſchen Ueberſetzung einiger Schriften des Boy-

a) The philoſophical Works of the honourable Rob. Boyle abrigd, methodized and diſpoſed under the general Heads by Peter Shaw London 1738. 3 vol. 4to. 1 T. p. xxx. der Vorrede.

le [b]) findet ſich dieſer Verſuch auf der fünf und funfzigſten Seite alſo beſchrieben; ich ſetze das ganze zwanzigſte Experiment her, weil es mehr hiehergehöriges enthält.

Experimentum XX.

Aerem praeditum eſſe inſigni vi elaſtica (vndecunque proueniat) abunde a nobis euictum arbitror, coepitque iam a praeſtantiſſimis phyſiologorum recentiorum agnoſci. In aqua tamen vel languida eiusmodi vis ſit necne, vix ad huc perpenſum videtur et nondum (Als wenn Bacons Verſuch dem R. Boyle gar nicht bekant geweſen wäre, da doch das Baconiſche Experiment mir treffender ſcheint, als die des Boyle.) Quod potiſſimum nos adduxit ad faciendum hoc ſequens Experimentum. Sumpta eſt vitrea bulla ampla, oblongo collo (quam Chemici Ouum philoſophicum adpellare ſolent) quae repleta aqua communi, donec liquor Spithamam altior bulla euaſerat; charta dein illi agglutinata, ipſa aperta immittabatur in Recipiens; atque aer vſitato modo exſugebatur. Euentus ſic ſe habuit: bona pars aeris in Recipiente incluſi prius exhauſta eſt, quam vllam aquae expanſionem animaduertere potuimus. Operariis autem antliam iugiter exercentibus, viſa eſt tandem aqua adſcendere in collo vitri, et variae bullae ab inferioribus vaſis partibus ſeſe ſoluentes, viam fecerunt per corpus aquae ad ſummam eius paſtem, ibique in Recipiens irruperunt; et ſimulac aqua intumeſcere coepit, tunc quoties Verticillum in Epiſtomio verſum eſt ad euacuandum aerem e Recipiente in Antliam, aqua in

b) Rob. Boyle Opera varia. Geneuae ap. S. de Tournes 1677. 4to.

collo vitri, ſeſe ſubito ad grani hordacei latitudinem erexit, atque ita paulatim praedicta meta aliquanto altior euaſit. Et tandem (vt manifeſtior fieret aquae expanſio) externus aer iuſſu noſtro derepente eſt introductus, quo facto confeſtim aqua ſubſedit, illudque omne Spatium, quod in vitro acquiſierat, deſeruit.

Atque hac occaſione haud abs re forſam erit Te certiorem facere de altero quodam experimento (licet prius in aliis chartis alioque inſtituto illud memorauerimus) quod duobus aut tribus abhinc annis adhibuimus ad explorandum, ſit in aqua elater necne. Eodem tempore inſignis ille et perquam doctus empiricae philoſophiae fautor D. *Wilkinſius*, vna cum amicis quibusdam curioſis me inviſere dignabatur: tumque ad manus mihi erat vas rotundum et cauum ex plumbo cinereo conflatum, duarum aquae librarum ſatis capax, et accurate clauſum vndique, relicto tantum vnico eoque perexiguo foramine, quo impleretur; tum partim exſugendo aerem, tum iniiciendo aquam ope ſyringis iniectorii non ſine aliqua difficultate implebatur; et per foramen, quod ſuperiori eius parte continebatur, plus ad huc aquae, inſtrumenti ſupra memorati ope, paulatim iniectum eſt. Quo facto, vaſe licet quieſcere permiſſo, et foramine in ſuperiori ſua ſede adhuc manente, compreſſa tamen aqua, pedetentim ſupra orificium foraminis intumuit, et variae guttae per vaſis latera effluxerant.

Poſtea effecimus, vt peritus Stannarius (qui globum illum conflauerat) coram nobis, adeo exquiſite ferrumine ſuo occluderet, vt nemo ſuſpicaretur, aliquid, praeter aquam intus relictum eſſe. Poſtremo vas ita ferrumine occluſum caute et ſae-

pius ligneo malleo in variis locis percuſſum fuit, quo liquidum, atque aqua incluſa in anguſtiorem locum coarctabatur, quam quem antea occupauerat; atque ita cum arrepta acu, mallei impulſu perforaſſemus vas, et dein acum extraxiſſemus, aqua, (ſed non niſi tenuiſſimo riuulo) proiecta eſt in aerem ad altitudinum duorum aut trium pedum. Hier ſind alſo, nach Boylens Meynung, drey verſchiedene Verſuche, welche die Elaſticität des Waſſers zeigen ſollten. Das erſtere beweiſt nun freylich eben nichts weiter, als daß die Atmoſphäre auf das Waſſer drückt, und daß die Luft elaſtiſch ſey, ſo bald nemlich ihr Druck durch die Luftpumpe weggenommen wird, können die im Waſſer befindlichen Luftblaſen ſich frey entwickeln, wie dies anjetzo jedermann weiß, der je eine Luftpumpe hat wirken ſehen. Das zweyte Experiment iſt mir zum Theil wirklich unbegreiflich. Wie konnte es doch Boylen einfallen, das bey noch offener Kugel aus der Oeffnung heraustretende und an der Kugel herunter laufende Waſſer, für eine Wirkung der Zuſammendrückung auszugeben? Denn die Oeffnung mochte ſo enge ſeyn, wie man ſie nur immer annehmen kann, ſo quoll doch jederzeit das Waſſer dahin, wo es den geringſten Widerſtand fand. Auch bey groſſer Oeffnung treten ja, wenn man ein Gefäß anfüllt, einige Waſſertheile über die Fläche des Gefäßes, und bleiben in dieſer Höhe durch Coheſion ſtehen, ohne ſogleich überzulaufen. Wenn aber erſt, nachdem die Operation vorbey war, einige Tropfen überliefen, ſo iſt es allerdings möglich, daß ſich nach und nach Lufttheilchen aus den untern Theilen der Luft hervor drängten, die Coheſion überwältigten, und dieſe wenige obern Waſſertheile herabwarfen. Aber der dritte Verſuch, da er nemlich eine zinnerne Kugel mit Gewalt vermöge einer Sprütze übermäßig mit

Waſſer angefüllet hatte, und nachdem ſie genau verſchloſſen war, aus einer ſehr kleinen mit einer Nadel gemachten Oeffnung das Waſſer wie aus einer Fontaine hervorſpringen ſahe, ſcheint wichtiger zu ſeyn, denn man könnte hier wirklich auf die Gedanken kommen, das aus der durch die Nadel gemachte Oeffnung mit Gewalt herausſpringende Waſſer ſey durch die Elaſticität der mit Gewalt zuſammengepreßten Waſſermaſſe fortgetrieben. Muſſchenbroek iſt gänzlich der Meynung, daß dieſes Hervorſpringen lediglich der Elaſticität des Zinns zuzuſchreiben ſey [c]). Die zinnerne Kugel ſey nemlich durch das mit Gewalt hineingetriebene Waſſer ausgedehnt, das Metall habe ſich alſo wegen der Härte des Waſſers ausgedehnt erhalten, bis daß dieſen letztern durch die Oeffnung mit der Nadel Platz gegeben, da denn die Elaſticität der ſich zuſammenziehenden Wände der Kugel das Waſſer fortgetrieben hätten. Auch glaubt Muſſchenbroek, es wären die Theile des Metalls durch das Hineintreiben oder Stoßen der Nadel noch mehr geſpannt, und hätten alſo nachmals deſto ſtärker gewirkt.

Ich muß geſtehen, daß mich der Anfang dieſes dritten Boyliſchen Verſuchs nicht wenig befremdet; denn ich begreife noch nicht, wie man ein Gefäß, das völlig mit Waſſer angefüllt war, mittelſt einer Sprütze noch weiter mit Waſſer vollſtopfen, oder mehr Waſſer hineintreiben kann, als es durch bloſes Hineingieſſen enthält; denn ſo verſtehe ich die Boyliſche Erzählung, und Muſſchenbroek nimmt dieſes auch an, ohne dieſer Schwierigkeit zu gedenken. Geſetzt auch, er konnte, wenn das Gefäß voll Waſſer war, durch die Stärke der Sprütze und ſeiner angewandten Kraft noch mehr hineintreiben, ſo mußte er doch die Sprütze zurück-

c) Muſſchenbroek Tentam. p. 65.

nehmen (denn ſie mußte augenſcheinlich bis in das Gefäß gehen, ſonſt wäre ja das Waſſer vorhero ſchon übergefloſſen), um die Oeffnung, wodurch es angefüllt war, zu verlöten. Es ſey dies ſo ſchnell als möglich geſchehen, ſo war doch ein Augenblick, da das mit Gewalt hineingepreßte Waſſer ohne Widerſtand, und wenn es denn auch elaſtiſch war, ſo trieb eben dieſe Elaſticität es in dem Augenblick zu dem Loche, es mochte ſo klein ſeyn, als es wollte, heraus. Ich ſehe alſo nicht ein, wie mehr darin bleiben konnte, als gerade ſo viel, um das Gefäß genau auszufüllen. Aber ſo viel richtete Boyle mit ſeiner Vorſicht aus, daß die Kugel ſo genau als möglich ausgefüllt wurde, und durch das Ausſaugen wenige Luft zurückblieb. Wird dies zugegeben, ſo ſcheint wirklich der Verſuch ſeiner Abſicht ziemlich zu entſprechen; denn das Waſſer wurde durch das Hämmern allerdings in einen kleinen Raum gebracht. Was aber die Elaſticität des Zinns anlangt, ſo traue ich der nicht viel zu. Denn ob gleich jedes Metall einen gewiſſen Grad von Elaſticität beſitzt, ſo kann ich hierauf nur eben das wiederholen, was ich bereits bey dem Baconiſchen Verſuch geſagt habe, obgleich freylich dorten nur von einer bleyernen, weniger elaſtiſchen Kugel, als der Boyliſchen, die Rede war. Aber alles zugegeben, ſo iſt doch jener Einwurf zu Gunſten des Baco und Boyle, nemlich warum geſchah nicht eben dergleichen auch bey ähnlichen Verſuchen des Muſſchenbroek und anderen? In ſo weit iſt mir dieſer Boyliſche Verſuch doch wenigſtens nicht ſo gerade zu ganz verwerflich, beſonders, da er durch das Ausſaugen der Luft genauer wird, als der des Bacon.

Honoratus Fabry.

Ich kann nicht genau ſagen, wie viel Verſuche dieſer franzöſiſche Mathematiker, der bis zu Ende des 17ten Jahrhunderts lebte, für die Compreſſibilität des Waſſers angeſtellt hat. Ich habe ſeine Naturlehre, die aus fünf Bänden beſtehen ſoll, nicht habhaft werden können. Muſſchenbroek bezeugt [d]) aus dieſer Phyſik Tractat. 5. Phyſ. lib. 2. de Elementis Prop. 217. daß Fabry einen gleichen Verſuch, wie Boyle, mit einer bleyernen Kugel angeſtellt habe; ob vor, oder wie es mir wahrſcheinlich ſcheint, nach Boylen, weiß ich nicht. Genug, der Verſuch iſt dem Fabry gelungen, und er hat daher die Elaſticität des Waſſers gegen Magiottum heftig vertheidiget. Muſſchenbroek traut der Genauigkeit des Fabryſchen Verſuchs nicht. Ich kann hiezu aus Unkenntniß des Autors gar nichts ſagen.

Johann Baptiſt du Hamel.

Mit Recht laſſe ich dieſen der Florentiner Academie, eben wie den vorigen und nachfolgenden vortreten; denn die Schriften des du Hamel erhielten ſchon 1658 ein Königliches Privilegium [a]), aber ſein hieher gehöriger Verſuch kommt erſtlich in dem Buche de Conſenſu veteris et nouae Philoſophiae

d) Muſſchenbr. Tentam. p. 66.

a) Extrait du Privilege du Roy, auf der letzten Seite des beſonders gedruckten Buchs de conſenſu etc. Rothomagi 1675. 8vo.

vor, und dies wurde nur 1675 zum erſten male gedruckt. In ſo ferne müßten freylich die Florentiner vorſtehen, aber einmal erwähnt du Hamel ihrer nicht, und zweytens wollte ich dieſen Schriftſteller nicht theilen.

In ſeiner allgemeinen Naturlehre (Phyſ. general. Tractat. prim. Cap. IV. p. 91. des Nürnbergiſchen Nachdrucks ſeiner Werke T. I. 1682.) iſt du Hamel noch allerdings der Meynung geweſen, daß das Waſſer ſich zuſammendrucken laſſe. Er führt hier den Verſuch des Fabry als einen Beweis für dieſe Eigenſchaft des Waſſers an. Aber nachmals bringt er in ſeinem Buche de conſenſu vet. et nou. Philoſ. lib. 3. Cap. IV. pag. 433. der angeführten Ausgabe oder S. 740. des zweyten Theils ſeiner Werke, Nürnb. Nachdruck) folgenden Verſuch gegen die Compreſſibilität des Waſſers bey: Imple tubum ferreum aqua, et embolum vel cochleam impone, hanc intra tubum adiges nunquam. Dies ſind die Worte des du Hamel, welche bey dem Muſſchenbroek [a]) mehr umſchrieben ſtehen. Denn letzterer ſagt, daß wenn man entweder eine eiſerne oder kupferne Röhre genau mit Waſſer anfüllet, und einen Stämpel hinein zu treiben ſucht, ſo wird dieſer nicht im mindeſten hinein dringen, weil das Waſſer mit beynahe unendlicher Stärke widerſteht, reſiſtente viribus fere infinitis aqua. Nachmals wird es ſich zeigen, in wie weit dieſe Behauptung gegründet ſey, wenn der Verſuch mit hinreichend ſtarken Kräften und genau gearbeiteten Inſtrumenten vorgenommen wird.

Wilhelm von Stair, ein engliſcher Staatsrath unter Karl dem zweyten, ſchrieb 1681 eine Phyſik; ſie kam 1686 unter folgendem Titul in Holland latei-

a) Tentam. p. 67.

niſch heraus: Phyſiologia noua experimentalis, in qua generales notiones Ariſtotelis, Epicuri et Carteſii ſupplentur etc. Lugduni Batauor. 1686. 4to. Hierin nimmt er Seite 369 an, daß das Waſſer allerdings elaſtiſch ſey; dieſe Elaſticität rühre von dem im Waſſer enthaltenen Aether her. Es ſey deswegen weniger elaſtiſch, als die Luft, weil dieſe mehr Aether enthalte. Er führet einen Verſuch aus du Hamel an, den ich nirgend beym du Hamel habe finden können; nemlich du Hamel rede von einer goldenen Kugel, welche, nachdem ſie mit Waſſer angefüllt worden, nicht habe zuſammengedrückt werden können. Es kann ſeyn, daß ich dies beym du Hamel überſehen habe, ob ich gleich deſſen Werke ziemlich genau durchgegangen bin. Aber weder in ſeiner Phyſik, noch in der eben angeführten Abhandlung gedenkt er dieſes Verſuchs, und da wäre doch der Platz dazu geweſen. Boerhave [a]) führt dieſen Verſuch des du Hamel gleichfalls an, doch eben wie Stair, den er auch kurz vorher citirt, nemlich ohne anzuzeigen, an was für einem Orte der du Hamelſchen Schriften ſich der Verſuch finde.

Colbert.

Nur aus dem Stair und Boerhave (welcher letztere, wie es ſcheint, nur den erſten nachgeſchrieben hat) kenne ich dieſen Mann. Ich ſtehe alſo nicht davor, daß dies gerade, der Chronologie gemäß, ſein rechter Platz ſey. Er hat eine allgemeine Phyſik geſchrieben. Im dem 4ten Capitel des erſtern

a) Boerhaue Elem. Chymiae T. I. p. 563.

Theils dieſes Buchs ſoll, nach dem Zeugniß des Stairs und Boerhave, ein Verſuch von einer bleyernen Kugel beygebracht ſeyn, der völlig dem Boyliſchen ähnlich ſieht, auch mit gleichem Erfolg die Compreſſibilität des Waſſers bewieſen hat. Ich habe ſonſt nirgend etwas von dieſem Colbert antreffen können, vielleicht iſt es der Verſuch des Fabry, oder der Fabryſche gehört vielleicht dem Colbert. Uebrigens muß ich hier anmerken, daß die Verſuche dieſer drey leztern, nemlich Fabry, du Hamel und Colbert, beynahe der Zeit nach mit den folgenden wichtigern und genauern mögen zuſammen gefallen ſeyn, doch kann ich es nicht genau entſcheiden.

Die Academie del Cimento von Florenz.

Ich komme hier zu denjenigen Verſuchen, welche, dem Muſſchenbroek, Boerhaw, Spallanzani zufolge deutlich beweiſen, daß das Waſſer keiner Zuſammenpreſſung, durch menſchliche Kräfte fähig ſey, und überhaupt keinen ſichtlichen Grad von Elaſticität habe. Da dieſe Verſuche, ſo viel ich weiß, nirgend im Deutſchen, oder wenigſtens deutſch geſchriebener Naturlehren vollſtändig bekannt gemacht ſind, denn die meiſten, z. B. Wolf, Hamberger, Krüger, Winkler, Eberhard und Erxleben, haben faſt blos die Reſultate davon angezeigt, ſo ſetze ich ſie wegen ihres großen Rufs ganz her, und habe eben deswegen die dazu nöthigen Kupfer beygefügt. Das Werk, worin die Academie ihre merkwürdigen Verſuche beſchrieb, kam zum erſtenmal 1661 unter dem Titul: Saggi di naturali Eſperienze, fatte nell' Academiu del Cimento, ſotto la protezione dell Sereniſſimo Prin-

cipe Leopoldo di Toſcana et deſcritte dal Segretario di eſſa Academia in Firenze, in folio heraus; alſo waren dieſe Verſuche wenigſtens ſchon vorhero gemacht, und vielleicht zu gleicher Zeit mit den Boyliſchen Verſuchen, ob es gleich gewiß ſcheint, daß Boyle ſie damals nicht gekannt hat. Nachmals kam 1691 eine zweyte Ausgabe davon heraus; dieſer bediene ich mich. Sie iſt eben ſo prächtig gedruckt, als die erſte, hat auch alle die Kupfer zum Ueberfluß vielfach bey jeder Seite, um den Leſer das Umſchlagen zu erſparen; bey dieſer unterzeichnet ſich der Secretair nach der Dedication G. F. *Cecchi*. Es ſcheint in dieſer zweyten Ausgabe keine Veränderung weiter vorgegangen, wenigſtens trifft die Ueberſeʒung, welche Muſſchenbroek nach der erſtern Ausgabe gemacht hat, ſo weit ich ſie verglichen, mit der zweyten Ausgabe überein. Die Verſuche will ich mit eigenen Worten der Verfaſſer herſeʒen, aber dann keine wörtliche Ueberſeʒung davon geben, ſondern nur um einiger Leſer willen, die darin enthaltene Sachen kurz, aber richtig anzeigen.

Eſperienze intorno alla Compreſſione dell' Acqua p. 197.

Prima Eſperienza. Tab. 1. Fig. 1.

Sieno all' eſtremita de' due cannelli di criſtallo *AB*, *AG*, due palle parimente di criſtallo, l'una maggiore dell' altera. Empianſi ambedue queſti vaſi d' acqua commune ſino in *DE*, ad anneſtandogli inſieme alla lucerna ſavverta a laſciar libere nella ſaldatura il paſſaggio all' aria e a tirar piu longo ché ſia poſſibile il beccuccio *AF*, il quale ſi laſcia aperto. Di poi s' applichino a tutt' e due le palle, due bicchieri pieni di ghiaccio ſminuzato

in cui rimangono ſepolte perche riſtrignendoſi l'acqua, entri nel vano del cannello ſi vada per un pezzo ſtrofinando eſteriormente con pezzuoli di ghiaccio tutto il ſifone *DE* acciochè riſtrignendoſi di man in mano per opera del freddo l' aria, che v' entra dall' orifizio *F*, ne venga ſucceſſivamente della nuova, ſicchè ſigillandolo poi alla fiamma, vi rimanga ſtivata e ſtretta. Sigillato ch'ei ſarà, ſi cavi di ſotto' l ghiaccio la palla *B*, e temperatala prima nell' acqua tiepida, ſi tuffi nella calda, e da ultima nella bollente, ſeguitando pero a tener ſempre immerſa la palla *C* nella ghiaccio, per trattener l' acqua di eſſa in iſtato di maſſimo riſtrignimento. Sia queſto nel punto *E* oltre il quale cercherà di comprimerla il cilindro d' aria, *GE*, ri dotto all'eſtrema denſita dalla forza dell'acqua ſormontata in *G*, per la rarefazione operata in lei dal calor dell' acqua, che ſi ſuppone bollire attualmente intorno alla palla *B*. Ora ſe l' acqua patiſce compreſſione, dovera cedere di qualche grado al cilindro d' aria premente, abbaſſandoſi ſotto il punto *E*; Ma a noi è ſucceduto altrimenti, perche quando l' acqua in *E*, è ſtata veramente ridotta allo ſtato del ſuo maſſimo riſtrignimento, la forza dell' aria *GE* premente non à guadagnato nulla; e innanzi a fatto crepar il fondo della palla *C*, che ritirare un pelo il livello *E*. E quando per accreſcer maggior fermezza allo ſtrumento, abbiamo fatte le due palle di rame, nondimeno l' acqua della palla *C* à retto tralla ſaldezza del metallo, e' l momento della forza premente con inſuperabile reſiſtenza in *E*, facendo piu toſto ſcoppiare il ſi fone, il quale per iſcoprire gl' interni movimenti dell' acqua non ſi puo far d'altro che di criſtallo, e s' anneſta perfettamente al

rame col maſtice, o colla ſolità meſtura a fuoco.

Seconda Eſperienza. Tab. I. Fig. 2.

Sia un vaſo di vetro come *AB*, di tenuta intorno a ſei libbre d' acqua, e capace nella ſuo bocca, d' una canna di criſtallo, rinforzato eſteriormente con uno faſciatura di piomte ſerratale ſquiſitamente all' intorno, per difenderla dalla ſcoppiare. Empiaſi d' acqua il vaſo fino al livello *CD* ed immerſavi la canna *EF* aperta ſotto, e ſopra ſi ſaldi nella bocca *A* col ſolito ſtucco, avvertendo a fermavela alquanto ſollevata dall fondo *FB*, onde un liquore che in lei ſi verſi poſſa liberamente ſcolar nel vaſo. Allora ſi cominci a meſcere argento vivo giu per la canna, per la quale derivando nel vaſo, ſi levera l' acqua in capo, e ſollevandola (poiche l' aria *AD* a l' eſito pe' l beccuccio *CH*) empirà interamente il vaſo tutto, facendola ſpillare per l' orifizio *H*, il quale ſerriſi allora colla fiamma, notando nell' iſteſſo tempo à qual grado ſia pervenuto l' argento col ſuo livello *IK*. Infondoſi poi nuovo argento, ſi finiſca d' empier.la canna; che ſe l' acqua per cotal forza vorrà comprimerſi, di man in mano che l' altezza va creſcendo ſi vedra ſollevare il livello *IK*, cedendo l' acqua per la compreſſione. Noi per un carico d' ottanta libre d' argento diſteſe in braccia quattro di canna (che tanto ne potè portare il noſtro ſtrumento ſenzafiaccarſi) non abbiam veduto acquiſtare al livello *IK* dell' argento quant' e un capello, reſiſtenda l' acqua oſtinatamente all' energia di quel gran momento.

Terza Eſperienza. Tab. 1. Fig. 3.

Facemmo lavorar di getto, una grande ma ſottil palla d' argento, e quella ripiena d' acqua raffreddata col ghiaccio ſerrammo con ſaldiſſima vite. Di poi comminciammo a martellarla leggermente per ogni verſo, onde ammaccato l' argento (il quale per la ſua crudezza non compoſta d' aſſottigliarſi, e diſtenderſi come ſarebbe l' oro raffinato o il piombo o altro metallo piu dolce) veniva a riſtrignerſi e ſcemare la ſua interna capacita, ſenza che l' acqua patiſſe una minima compreſſione, poiche ad ogni colpo ſi vedea traſudare per tutti i pori del metallo a guiſa d' argento vivo, il quale da alcuna pelle premuto minutamente Sprizzaſſe.

Ecco quanto da queſte tre eſperienze abbiamo ſaputo raccorre. Se poi replicate le medeſime dentro a' vaſi di maggior reſiſtenza, e ſe creſcendo nella prima la rarefazione dell' acqua, e ſi la premente forza dell aria, nella ſeconda l' altezza del cilindro dell' argento vivo, e nell ultima facendo ſucceſſivamente piu, e piu ricca d' argento la groſſezza della palla, ſarrivaſſe una volta a comprimer l' acqua, ciò non poſſiam noi dire. Queſto è infallibile, che l' acqua in paragone dell' aria reſiſte, per coſi dire, per infinite volte piu alla compreſſione, il che conferma ciò che ſe detto de principio, che quantunque l' eſperienza non giunga ſempre al l' ultima verita ricercata, vuol ben dir cattivo, che alcun piccolo lume non ne dimoſtri.

Der erſte Verſuch iſt alſo kürzlich dieſer: Zwey Glasröhren, jede mit einer Kugel *B* und *C* verſehen, wovon *C* die kleinere iſt, wurden, nachdem ſie bis *D* und *E* mit Waſſer gefüllt worden, am obern Ende

(der innern Oeffnung oder der Höhlung der Röhre unbeſchadet) zuſammengeſchmolzen. Um Luft hinzu zu laſſen, machte man eine hohle offne Spitze *AF*. Beyde Kugeln wurden nicht nur in Eis geſetzt, ſondern die Röhren auch mit Eis gerieben, damit das Waſſer und die Luft ſich zuſammenzögen, und dadurch ſo viele Luft als möglich durch die Spitze *AF* hineingienge. Nachmals ſchmelzete man die Röhre *AF* zu, nahm die größere Kugel *B* aus dem Eiſe heraus, und ſetzte ſie zuerſt in laulicht, dann in wärmeres und endlich in kochendes Waſſer, während daß die Kugel *C* beſtändig im Eiſe ſtehen blieb, um das darin enthaltene Waſſer in der größten Verdichtung zu erhalten. Stand nun das Waſſer der Kugel *C* bis *E*, ſo mußten die Dünſte des in der Kugel *B* kochenden Waſſers ſich mit großer Gewalt ausdehnen, um es unter *E* gegen *C* hinunter zu drücken; allein dies geſchah nicht, ſondern der Druck zerbrach vielmehr den Boden der Kugel *C*; und als man zwey kupferne Kugeln auf eben die Art mit einer Glasröhre vereinigte, ſo preßte die Stärke der ſich ausdehnenden Dünſte das Waſſer der Kugel *C* durch die Lötung des Metalles, und zerſprengte endlich die Glasröhre.

Muſſchenbroek [a]) beſtimmt nach von ihm angenommenen Maaßen für die Röhre, die Kraft, mit welcher die Dünſte gegen die Seiten der Glasröhre, und auch gegen das Waſſer gewirkt haben, auf hundert und achtzehen Pfund. Allein die Reſiſtenz des Waſſers iſt hier augenſcheinlich viel größer geweſen. Denn wenn man auch eine noch ſo dünne Röhre annimmt, ſo giebt ſelbſt die Figur der Kugel, ſo ſich bey der Originalausgabe der Florentiniſchen Verſuche findet, daß der Durchmeſſer mehr als einen halben Zoll

a) Tentam. p. 63.

gehalten habe, und dann wirkte die Waſſermaſſe von *C* an gerechnet nach der Grundfläche und Höhe, wie aus der Hydroſtatic bekannt iſt. Dann aber wäre jene Kraft, welche hinreichte, die gläſerne Röhre zu zerbrechen, bey weitem noch nicht groß genug, die Waſſermaſſe auch nur im mindeſten ſichtlich zu verringern. Ueberhaupt geben zuſammengelötete Inſtrumente, an dem Ort ihrer Zuſammenlötung nach, wie es hier geſchah. Im Ganzen läßt ſich auch bey dieſem Verſuche faſt gar keine Rechnung oder Beſtimmung der Kräfte anbringen, weil die Florentiner alles unbeſtimmt angegeben haben. So viel ſieht man aber dennoch, daß die Gewalt der Reſiſtenz des Waſſers viel größer geweſen iſt, als man ſie aus ſeiner Dichte, verhältnißmäßig gegen die Luft, vermuthen konnte.

Bey dem zweyten Verſuche wurde das Glas *AB* (zweyte Figur), welches bey *A* mit einer langen offnen Röhre verſehen iſt, und durch eine bleyerne Platte genau verſchloſſen war, bis *CD* mit Waſſer gefüllt. Man goß durch die Röhre, die beynahe bis an den Boden des Gefäßes trat, eine anſehnliche Maſſe Queckſilber; dies trat unter das Waſſer, wodurch zugleich die Luft aus der mit Bedacht offen gelaſſenen Glasſpitze *H* heraus getrieben wurde. Sobald das Waſſer durch ſeine Erhebung alles angefüllt hatte, wurde dieſe Oeffnung *H* zugeſchmolzen. Man fuhr nun fort mit dem Zugieſſen des Queckſilbers, ſo, daß es bis achtzig Pfund betrug. Selbſt dieſer ſtarke Druck war nicht im Stande, die Höhe des Waſſers bey *IK* auch nur um ein Haar breit zu verringern, oder die Waſſerſäule *IKA* um eine ſolche Quantität zuſammen zu drücken.

Da das Gefäß ſechs Pfund Waſſer hielt, ſo hatte es (obgleich die Höhe *AB* nicht angegeben iſt) doch

gewiß mehr als einen halben Zoll im Durchmeſſer; wie viel aber erfordert wird, eine ſolche Columne Waſſer ſichtlich zuſammen zu preſſen, werden unſere Experimente mit der Abiſchen Maſchine lehren. Achtzig Pfund ſagen, dieſem und ſelbſt dem Cantonſchen Verſuche zufolge, nichts gegen die Reſiſtenz des Waſſers.

Das dritte Experiment iſt das bekannteſte. Nemlich eine dünne große von Silber gegoſſene Kugel wurde genau mit Waſſer, welches durch Eis kalt gemacht war, angefüllt. Nachdem die Oeffnung auf das ſorgfältigſte verſchloſſen worden, hämmerte man die Kugel, um dadurch das Waſſer in einen engern Raum zu zwingen. Statt dieſes gehofften Endzwecks drang das Waſſer bey jedem Schlage durch die Poros des Metalles, wie Queckſilber, das durch Leder gepreßt wird.

An dieſem Verſuche iſt verſchiedenes auszuſetzen, denn erſtlich war das Metall dünne, und riß daher leichtlich; hierüber werde ich bey Gelegenheit der Holmanniſchen Verſuche mehr beybringen. Zweytens kannten die Florentiner damals ſchon die Boyliſche Luftpumpe, hatten auch ein ähnliches Inſtrument bey unterſchiedlichen ihrer übrigen Verſuche gebraucht [b]), und hätten daher leicht auch hier das Waſſer von Luft reinigen können. Es gehört indeß noch nicht hieher, zu zeigen, daß dieſe Unterlaſſung vielleicht noch nicht ſo beträchtlich geweſen iſt, als man es ſich vorſtellt; aber daß die Dünne der ſilbernen Kugel allerdings den Verſuch hat mißglücken laſſen, geſtehen ſie in dem Zuſatz beynahe ſelbſt. Man wird nachmals ſehen, wie ſtark ein Metall ſeyn muß, wenn es die gewaltſame Reſiſtenz des Waſſers überwältigen ſoll, und

b) Saggi p. 77. u. f.

dann wird es ſich von ſelbſt ergeben, daß dieſe dünne ſilberne Kugel bey weitem nicht zu der Abſicht hinreichte. Die ähnlichen Verſuche des Muſſchenbroeks kommen ſogleich vor.

Franciscus Tertius de Lanis.

De Lanis Magiſterium naturae et artis Brixae 1686. fol. enthält im zweyten Bande Seite 176. und folgende, viel über die Zuſammendrückung des Waſſers. Er nimmt aber jederzeit an, daß die Compreſſibilität verſchiedener Flüſſigkeiten ſich umgekehrt verhalten, wie ihre ſpecifiſchen Gewichte. Daraus berechnet er die Höhe des Flüſſigen für einen gegebenen Druck. In wie weit dies ſtatt finde, werde ich nachmals genauer betrachten. Auch werde ich vorjetzt ſeine Meynung von der Art und Weiſe, wie das Zuſammendrücken geſchehe, nicht genau unterſuchen. Er glaubt nemlich, daß das Zuſammendrücken, beſonders der Flüſſigkeiten, nicht daraus entſtünde, daß ſich ihre Theile durch den Druck einander mehr näherten, ſondern es geſchehe durch ein Herauspreſſen irgend einer ſehr feinen Materie (bey ihm des Aethers, den er gänzlich incompreſſibel annimmt, Prop. XV. S. 177.) hervorgebracht würde. Aber der Verſuch, den er als eine wichtige Verbeſſerung der Florentiner Experimente S. 152. angiebt, gehört hieher. Er iſt folgender.

In einen gläſernen mit Waſſer gefüllten Cylinder oder Röhre *A. B.* ſetze man eine oder mehrere Glaskugeln, deren ſpecifiſches Gewicht dem des Waſſers gleich iſt, oder daſſelbe nur um ein ſehr geringes übertrifft. Sie werden alſo in dem Waſſer ſchwimmen, oder nur mit ſehr geringer Kraft daher langſam gegen

B ſinken. Man verſchließe die Oeffnung des Cylinders bey *A* mit einer Blaſe, und drücke ſodann ſtark gegen dieſe Blaſe etwa mit dem Daumen. Durch dieſen Druck wird das Waſſer zuſammengepreßt, und ſpecifiſch ſchwerer. Da nun die vorhin um ein geringes ſchwerere Kugeln in dem leichten Waſſer zu Boden ſanken, ſo müſſen ſie in dem durch den Druck ſpecifiſch ſchwereren Waſſer in die Höhe, von *B* nach *A*, ſteigen. Dies hat dem de Lanis aber niemals glücken wollen.

Wird auch auf dieſe Art wohl keinem andern glücken; denn was ſind da alle für Fehler wirklich und möglich? Erſtlich iſt ja der Druck des Fingers ein unendlich Kleines gegen die Reſiſtenz des Waſſers, wie die nachfolgenden Verſuche ergeben. Wenn aber der Cylinder genau angefüllt und die Blaſe ſo feſt gebunden iſt, daß ſie ſich neben der Höhlung des Drucks, rund um den Finger, gar nicht in die Höhe geben kann, ſo iſt es nicht möglich, die Blaſe beträchtlich einzudrücken, eben wegen der Reſiſtenz des Waſſers. Ferner, geſetzt es wäre dies einmal möglich, wären dieſe dünnen hohlen Kugeln nicht durch den Druck des Waſſers leicht zerſprengt? Dann gehört auch ein Zufall dazu, den Kugeln gerade das zu dem Verſuch gehörige Gewicht zu geben; denn um wie viel wird durch den Fingerdruck das Waſſer ſpecifiſch ſchwerer? Endlich konnte doch auch ſelbſt das Gefäß gerade um ein ſo unendlich Kleines nachgeben oder elaſtiſch ſeyn, als der unendlich kleine Druck die Waſſerſäule *AB* verkürzte.

Wären, wie de Lanis will, dergleichen Kugeln in den Röhren bey den Florentiniſchen Verſuchen gebraucht worden, ſo wäre freylich eher eine mögliche Brauchbarkeit herausgekommen, aber ſie wären leicht

zerſprengt worden und hätte denn auch nichts mehr gelehrt.

Bey einem Italieniſchen Wettergläſermacher erinnere ich mich, eine gewiſſe Art ſo genannter Thermometer geſehen zu haben. Sie beſtanden aus einer gläſernen verſiegelten, zum Theil mit Waſſer angefüllten Flaſche; in dem Waſſer ſchwammen hohle Glaskügelchen. Je nachdem die Flaſche warm oder kalt wurde, erhoben oder ſenkten ſich die Kugeln; ohnſtreitig weil die hervortretenden Luftblaſen ſich an die Kugeln hiengen und ſie in die Höhe trieben. Im Ganzen war das Ding nicht viel werth, aber man könnte einige Aehnlichkeit mit dem de Laniſchen Einfalle darin finden.

Georg Erhard Hamberger.

In der Ausgabe ſeiner Phyſic [a]) von 1727, Seite 171, findet ſich folgender hiehergehöriger Verſuch. Die bey C verſchloſſene Röhre ABC (5te Fig. 3te Taf.) werde von *B* bis *C* mit Waſſer angefüllt; von *A* bis *B* mit Queckſilber. Es drang dann kein Queckſilber in den Arm *BC*. Da man den Theil *AB* der Röhre willkührlich lang machen kann, und die ſpecifiſche Schwere des Queckſilbers zu dem Waſſer ſich verhält, wie 1 zu 14, ſo muß der Druck des Queckſilbers gegen das Waſſer ſehr anſehnlich ſeyn, und alſo des letztern Reſiſtenz ſehr groß. Weiter unten kömmt Nollets gleiches Experiment vor, da werde ich die Stärke dieſes Drucks zu beſtimmen ſuchen. Ich wundere mich, daß Hamberger keine ge-

a) G. E. Hambergeri Elementa Phyſices Ienae 1727. 8vo.

naue Beſtimmung angegeben hat; doch hat er es wahrſcheinlich in den Vorleſungen ſelbſt gethan.

Peter van Muſſchenbroek.

Die Verſuche, welche dieſer vorzügliche Naturforſcher über die Compreſſibilität des Waſſers angeſtellt hat, finden ſich beſonders in den Zugaben zu der Ueberſetzung der Florentiner Experimente. Dieſe Ueberſetzung kam zwar nur erſt 1731 heraus [a]), aber da Muſſchenbroek auf der 69 Seite ſagt, er habe ſeine Verſuche verſchiedentlich ſeinen Zuhörern in Utrecht gezeigt, ſo mögen ſie wohl im Alter nicht weit von den Hambergiſchen entfernet ſeyn. Er experimentirte ſehr genau, daher muß ſein Zeugniß vielgeltend ſeyn.

Die Verſuche ſind den Baconſchen ähnlich. Zwey Kugeln, eine zinnerne und eine bleyerne, deren Durchmeſſer drey Zoll und Dicke des Metalls drey Decimallinien war, hatten an einer Seite eine kleine metallene Röhre mit einer geringen Oeffnung. Dieſe Kugeln füllte Muſſchenbroek ſehr genau mit Waſſer, welches unter der Luftpumpe von Luft gereiniget und dabey beträchtlich kalt war. In die Röhre ward ſodann ein bleyerner oder zinnerner Zapfen hineingetrieben, wodurch alsdenn alles, ſo genau als möglich, von Luft befreyet, und mit Waſſer gefüllt blieb. Nachdem dies mit großer Vorſicht geſchehen, wurde die Oeffnung zugeſchmolzen, darauf die Kugeln unter einer ſtarken Preſſe gelegt, und vermöge einer Schraube und langen Hebels zuſammengepreßt. Die Kugel, welche, leer, nur einen ſehr geringen Widerſtand geäußert

a) Tentamina experimentor. naturalium, Lugd. 1731.

hatte, widerſtand, angefüllt, erſtaunlich. Sobald aber durch Hülfe des langen Hebels auch nur die mindeſte Zuſammenpreſſung ſtatt fand, drang das Waſſer, gleich einem Thaue, durch die Oeffnungen des Metalls, und zwar deſto ſtärker, um deſto mehr die Kugel zuſammengeſchroben wurde. Bey jedesmaliger Wiederholung des Verſuchs zeigte ſich der nämliche Erfolg.

Daher ſchloß Muſſchenbroek, daß das Waſſer durch keine menſchliche Kräfte zuſammengedrückt werden könne. Es wäre unbillig, an der Genauigkeit der Verſuche zu zweiflen; aber der Einwurf, daß das Metall zu ſchwach war, der Gegenwirkung des Waſſers zu widerſtehen, iſt wichtig. Er iſt allerdings treffend, weil bey einem nachfolgenden, mit dem Abichſchen Inſtrumente vorgenommenen Verſuche, ſich ein Fall eräugnete, da die Gewalt des Waſſers einen mehr als halb Zoll dicken meſſingernen Cylinder durchdrang oder zerriß. Hiegegen iſt die Reſiſtenz der Muſſchenbroekſchen Kugeln ſehr gering, und hierin ohnſtreitig lag die Haupturſache des mißlungenen Ausgangs ſeiner Verſuche.

J. A. Nollet.

Der Abt Nollet lehrte ſchon ſeit 1733, oder vielleicht noch um ein Paar Jahr früher, die Experimentalphyſic; die erſte Ausgabe ſeiner Vorleſungen (Leçons de Phyſique experimentale) kam aber nur 1743 heraus. Ob alſo der folgende Verſuch zu Anfange ſeiner Vorleſungen gemacht ſey, kann ich freylich nicht genau beſtimmen. Aber von Hambergern konnte er ihn immer entlehnt haben; da er indeß des

Deutſchen gar nicht erwähnt ſo mag es bey der damaligen, und zum Theil noch jetzigen großen Unkenntniß der Franzoſen in Anſehung der in Deutſchland herausgekommenen Werke, wohl möglich ſeyn, daß Nollet den Hamberger nicht kannte, und mit ihm von ſelbſt auf eben den Weg gerieth. Der Nolletſche Verſuch [a]) iſt völlig dem Hambergenſchen ähnlich, nur zeigt er genauer an, wie er dabey zu Werke gegangen iſt. Seine Röhre (3te Taf. 5te Figur), welche von ſehr dickem Glaſe war, hatte inwendig (nämlich die Höhlung) drey Linien im Durchmeſſer, und war dabey ſieben Fuß lang. Zuerſt ſchüttete er etwas Queckſilber hinein, welches die Krümmung bey *B* anfüllte. Dann goß er bey *C* (denn die Röhre war zu Anfange an beyden Enden *C* und *A* offen) Waſſer auf das Queckſilber, und nachdem dieſer Theil der Röhre genau mit Waſſer gefüllt war, wurde hier die Oeffnung *C* zugeſchmolzen. Sodann goß er von *A* aus nach und nach mehr Queckſilber hinzu, bis zu der Höhe von ſieben Fuß. Die kleine Columne Waſſer *DC* widerſtand dem Drucke der Queckſilberſäule ſo ſehr, daß man keine merkliche Verminderung der Höhe der Waſſerſäule wahrnehmen konnte.

Die Höhe der Queckſilberſäule, welche hier gegen das Waſſer druckte, ſetzt Nollet auf ſechs Fuß, zehn Zoll, oder achtzig Zoll Barometerhöhe, dies iſt beynahe der dreyfache Druck der Atmoſphäre.

Canton will gefunden haben, wie wir nachmals anführen werden, daß der doppelte Druck der Atmoſphäre das Waſſer um $\frac{1}{10870}$ ſeines Raums zuſammendruckte Wenn alſo ſich auch die Zuſammendrückung wie die aufliegenden Gewichte verhielten; ſo

a) Leçons de Phyſ. experim. T. I. p. 122.

war es freylich dem Nollet ſelbſt bey dem dreyfachen Gewichte der Atmoſphäre nicht leicht möglich, ohne ganz außerordentlich feine Abtheilungen an ſeiner Röhre zu haben; dieſe geringe Zuſammenpreſſung zu bemerken. Auch ſagt er nur ſehr allgemein l'eau ne diminua pas ſenſiblement. Dies mag wohl eben der Fall bey Hambergern geweſen ſeyn; und es läßt ſich daher das Experiment nicht genau genug beurtheilen.

Uebrigens glaube ich, daß die Hambergiſche oder Nolletſche Methode wirklich eine der brauchbarſten iſt, ſobald man im Stande wäre, Röhren zu haben, die ſtark genug wären, dem Drucke gegen das Ende *C* und auch dem Seitendrucke überhaupt völlig zu widerſtehen, nur müßte an dem Theile der Röhre, der das Waſſer enthält, ſehr genaue Abtheilung, etwa durch Hülfe eines Nonius oder Werners, angebracht werden.

Sam. Chriſtian Hollmann.

1752, oder vielleicht im folgenden Jahre, erhielt der Herr Profeſſor Hollmann von dem Großbrittanniſchen Leibarzte Peter Shaw eine Maſchine aus London, welche in Engelland gebraucht worden war, die Zuſammendrückung des Waſſers zu unterſuchen [a]). Ich kann nicht ſagen, wann und von wem die Maſchine angegeben iſt; aber ſie ſcheint mir zu ihrer Abſicht bequemer, als das Hämmern oder Zuſammenſchrauben der mit Waſſer angefüllten Kugeln. Die Maſchine iſt kürzlich dieſe (1ſte Taf. 4te Fig.): *A* iſt eine kupferne Kugel, vier Zoll im Durchmeſſer;

a) S. C. Hollmanni Commentationum in Reg. Soc. recenſitar. Sylloge Gottingae 1762. 4to. p. 35. De aquae incondenſibilitate.

ihre Oeffnung bey *ik* hat eine Schraubenmutter, in welcher die Schraube *B* hineingeſchroben wird. *ED* iſt ein eiſerner Hebel oder Arm, der bey *ik* ein viereckigtes Loch hat, worein das Aeußere der Mutterſchraube genau paßt. Vermöge dieſes Hebels kann die Schraube mit großer Gewalt in die Kugel getrieben werden. Die große Schraube *B* iſt auf einem Holze mit kleinern Schrauben *ln* befeſtiget, kann auch vermöge eigner Oeffnungen *rs* an einem Tiſche feſtgeſchroben werden. Bey dem Gebrauche der Maſchine mußte jedesmal die Schraube *B* mit einem Gemiſch von Terpentin und Wachs eingeſchmiert werden. Mit dieſer Engliſchen Maſchine machte der Herr Profeſſor Hollmann folgende Verſuche.

Er füllete die Kugel genau mit Waſſer, und trieb ſodann durch Hülfe des eiſernen Hebels oder Kurbel die Schraube *B* in die Kugel. Gleich nach wenigen Umdrehungen der Schraube drang das Waſſer an verſchiedenen Orten durch kleine Oeffnungen oder Ritzen des Metalls, in ſehr dünnen Strahlen, wie aus einer Fontaine hervor. Da der Verſuch fortgeſetzt wurde, um zu ſehen, ob dieſes Hervordringen nicht über der ganzen Kugel, wie bey den Florentinern ſtatt fände, ſo eräugnete ſich dieſes nicht, ſondern die Kugel zerſprang da, wo ſie zuſammengelötet war. Dem Herrn Profeſſor befremdete nur dies, daß das Waſſer hier nicht, gleich einem Thaue, die ganze Oberfläche der Kugel durchdrang. Er wiederholte zu dem Ende das Experiment, nachdem er vorher das mit Waſſer angefüllte Inſtrument an einem kalten Orte eine Zeit lang hatte ſtehen laſſen. Sobald die Operation anfieng, ſahe er die Oberfläche der Kugel zu ſeiner nicht geringen Verwunderung mit Waſſertröpfchen bedeckt, und nun glaubte er das zu ſehen, was die Florentiner und Muſſchenbroek ſahen. Allein, nachdem er die

Kugel mit einem Tuche abgetrocknet, und den Verſuch wiederholte, ſprang das Waſſer, eben wie das erſtemal, nur aus einzelnen Ritzen oder zerriſſenen Theilen der Kugel, denn er unterſuchte dieſe Oeffnungen mit einem Vergrößerungsglaſe, und fand, daß ſie wirklich zerſprengte oder aus einander getriebene Theile des Metalls, und nicht deſſen Pori waren. Es iſt augenſcheinlich, daß die Kugel, da ſie aus der Kälte in die Wärme getragen wurde, ſchwitzte oder beſchlug; nämlich die Dünſte oder wäſſerigten Theile, die ſich in dem Zimmer an die Kugel anlegt.n, wurden durch die Kälte des Metalls condenſirt, und dadurch ſichtbar. Eben ſo ſchwitzen die Fenſter, oder jeder andere vorzüglich kalte Körper in einem warmen Platze. Dies wußte ohnſtreitig Herr Profeſſor Hollmann, und er glaubt, daß bey Muſſchenbroek auf ähnliche Art der Hauch, der bey den Muſſchenbroekſchen Verſuchen anweſenden Perſonen, dieſen ſcheinbaren Reif auf der Kugel hervorgebracht ſey; es iſt dies nicht unmöglich. Nachmals ließ der Herr Profeſſor ähnliche Kugeln aus Zinn und Bley verfertigen, und wiederholte mit eben dem nämlichen Erfolg dieſen Verſuch. Endlich wurde hiezu eine ſilberne Kugel genommen, die aber nur $\frac{1}{20}$ Zoll dickes Metall hatte. Bey dieſer drang das Waſſer nicht durch ſeine Oeffnungen hervor, allein es öffnete ſich mit Gewalt einen Weg zwiſchen den Schrauben. Aus dieſen Verſuchen zieht Herr Profeſſor Hollmann folgende Schlüſſe.

Das Waſſer ſelbſt, ohne von Luft gereiniget zu ſeyn, ſcheint keiner merklichen Zuſammenpreſſung fähig. In der Sylloge druckt ſich Herr Hollmann hierüber weniger entſcheidend aus, als in der Göttinger Zeitung von 1756, S. 1156; denn in letzterer heißt es geradezu: das Waſſer laſſe ſich nicht zuſammenpreſſen, aber nach ſeiner Sylloge muß man ihn

ohnſtreitig beurtheilen. Ferner habe bey dieſem Verſuche das gepreßte oder gedrückte Waſſer nicht die Poros des Metalls durchdrungen, ſondern kleine Oeffnungen im Metalle gemacht, aus welchen es herausgetreten ſey.

Ueber dieſem letzten Puncte ſagt Herr Profeſſor Hollmann ſehr viel, und wundert ſich, daß ſeine Verſuche denen der Florentiner und des Muſſchenbroeks widerſprechen. Aber ich geſtehe, daß ich dies nicht recht faſſe. Was kann man ſich bey den Metallen wohl unter Poros, Luftlöcher, oder wie man die Dinge nennen will, eigentlich denken? Iſt denn das Metall ein ſo organiſirter Körper, daß man dergleichen hier ſuchen könnte? Und geſetzt, man nähme dergleichen in dem rohen Miner an, was denkt man ſich denn dabey im geſchmolzenen, gegoſſenen, gehämmerten Silber, Bley u. ſ. w.? Nichts, als ſehr kleine microſcopiſche Oeffnungen, oder auch nur ſehr kleine dünne Stellen, die der Zufall daließ. Wenn alſo in der einen Kugel mehr ſolcher kleinen Löcher, oder auch nur mehr ſchwächere, dünnere Theile des Metalls ſind, ſo dringt ja das Waſſer, durch den Druck, aus dieſen mehrerern Oeffnungen, oder macht ſich mehrere; ſind ihrer weniger, ſind ſie an einzelnen Stellen der Kugel häufiger, ſo ſieht man nur da das Waſſer hervorquillen. Es ſcheint dies ſo natürlich vom bloßen Ohngefähr des Arbeiters, oder vielmehr ſeines Hammers oder Guſſes, auch wohl von der mindern oder mehrern Reinigkeit des Metalls ſelbſt abzuhangen, daß bey mir alle Verwunderung wegfällt.

Die Hollmannſchen Verſuche ſelbſt aber ſcheinen eben das zu beweiſen, was ich bey beyden, Muſſchenbroekſchen und Florentiniſchen fand, nämlich das Metall war nicht hinreichend ſtark, der Gewalt des

gedruckten Waſſers zu widerſtehen. Es wundert mich, daß der Herr Profeſſor Hollmann gar die Dicke des Metalls bey ſeinen Kugeln (bey der ſilbernen ausgenommen) nicht angegeben hat, da hierauf doch allerdings viel ankömmt.

Johann Canton.

Die Cantonſchen Verſuche ſind wohl 1762 oder um dieſe Zeit angeſtellt, wenigſtens gab er den 16 Decembr. dieſes Jahres der Königlich Engliſchen Societät der Wiſſenſchaften davon kürzlich folgende Nachricht [a]).

Er füllte eine zwey Fuß lange Glasröhre, unten mit einer Kugel verſehen, zum Theil mit Queckſilber, ſetzte ſie in Waſſer, und brachte dies genau vermittelſt eines Fahrenheitiſchen Thermometers auf 50 Grad Wärme; die Höhe des Queckſilbers in der Glasröhre, welche 6½ Zoll über die Kugel betrug, wurde dabey genau bemerkt, dann wurde das Queckſilber durch Vermehrung der Hitze bis zu dem oberſten Ende der Röhre getrieben, und die Röhre ſogleich zugeſchmolzen. Als nachher die Hitze des Waſſers gerade bis zu 50 Grad wieder abgenommen hatte, ſtand ſodann das Queckſilber 0,32 höher, als vorher bey offner Röhre. Eben dieſe Kugel und Röhre ward nachmals ſtatt des Queckſilbers mit Waſſer, aus welchem vorhero die Luft ausgepumpet war, gefüllt. Bey offner Röhre ſtand das Waſſer, in eben derſelben Hitze von 50 Grad Fahrenheitiſchem Maaßes, ungefähr (about)

a) Experinonts to prove that Water is not incompreſſible by John Canton M. A. and F. R. S. Philoſoph. Tranſait Vol. 52. Part. 2. Artic. 103. p. 641.

6 Zoll über der Kugel. Durch Vermehrung der Hitze des äußern Waſſers, worin die Röhre ſtand, ſtieg das Waſſer der Röhre bis zu dem oberſten Ende, welches denn ſogleich zugeſchmolzen ward. Als die Hitze des äußern Waſſers wieder auf 50 Grad gefallen war, ſtand das Waſſer in der Röhre 0,43 höher, als vorhin. Da der Druck der Atmoſphäre auf das Aeußere der Glaskugel, bey zugeſchmolzner Röhre, für das Waſſer und für das Queckſilber natürlicherweiſe gleich groß iſt (beträgt etwa 73 Pfund), ſo muß dieſe Kugel dadurch etwas zuſammengedruckt, und das enthaltene Flüſſige dadurch in die Höhe getrieben werden. Da ferner das Waſſer bey geſchloſſener Röhre um 0,11 eines Zolls höher ſtand, als das Queckſilber, ſo muß ſich, dem Herrn Canton zufolge, das Waſſer, wenn beyden der Druck der Atmoſphäre genommen iſt, mehr ausdehnen, als das Queckſilber. Um alſo genauer zu beſtimmen, um wie viel das Waſſer durch den Druck der Atmoſphäre zuſammengedruckt werde, nahm er eine Glasröhre von 0,01 Durchmeſſer, 4,2 Zoll lang, welche ſich in eine Glaskugel von 1,6 Zoll Durchmeſſer endigte. Dieſe füllte er mit Queckſilber, welches er nochmals genau wog, wodurch er fand, daß ein Theil der Röhre, welcher 0,23 Zoll lang war, gerade den hunderttauſendſten Theil des Queckſilbers der Kugel enthielt. Nach dieſem Verhältniſſe theilte er mit einer Feile die Röhre genau ab. Nun füllte er die Röhre nebſt der Kugel bis zu einer gewiſſen Höhe mit luftleerem Waſſer an, ließ die Röhre offen, und brachte ſie bald unter den Recipienten in luftleerem Raume, bald unter einer Verdichtungspumpe in zuſammengedruckter Luft. Vermöge ſeiner gemachten Abtheilungen konnte er in jedem Fall bemerken, um wie viel das Waſſer oder die Waſſerſäule der Röhre größer wurde, ſich ausdehnte, oder durch

den größern Druck der dichten Luft zuſammengedruckt wurde. Auf die Weiſe fand er durch oft wiederholte Verſuche, daß ein Druck, welcher ſo groß als das doppelte Gewicht der Atmoſphäre war, das Waſſer um $\frac{1}{10870}$ ſeines Inhalts zuſammendrücke. Um zu ſehen, ob die im Waſſer enthaltene Luft vorzüglich dieſe Zuſammendrückung bewirke; brachte er eine Luftblaſe von 0,6 Zoll im Durchmeſſer in die Kugel, dieſe ward binnen vier Tagen von dem Waſſer verſchluckt. Das Waſſer ließ ſich aber nachmals von dem Gewichte der Atmoſphäre nicht ſtärker zuſammendrücken, als ohne dieſer zugeſetzten Luft, welches doch hätte erfolgen müſſen, im Fall die Luft die Urſache der Compreſſibilität wär.

Noch trieb Herr Canton dieſe Unterſuchungen weiter, wovon er zwey Jahre nachher der Societät der Wiſſenſchaften von neuem Bericht abſtattete [a]). Er hatte durch dieſe Verſuche ferner gefunden, daß das Waſſer dabey die beſondere Eigenſchaft habe, im Winter einer ſtärkern Zuſammendrückung fähig zu ſeyn, als im Sommer; hingegen verhält ſich Weingeiſt und Baumöl hier gerade umgekehrt.

Wenn das Fahrenheitiſche Thermometer auf 34 Grad ſtand, ſo wurde das Waſſer durch den Druck der Atmoſphäre um 0,000049 zuſammengedruckt, der Weingeiſt aber um 0,000060 ſeines Raums; ſtand hingegen das Thermometer auf 64 Grad, ſo drückte das Gewicht der Atmoſphäre das Waſſer nur um

a) Philoſoph. Tranſact. Vol. 54. for the Year 1764 Artic. 47. p. 261. Dieſe ſowohl als die erſte Vorleſung des Canton finden ſich zuſammen ins Franzöſiſche überſetzt im Journal oeconomique Decembr. 1764; für Deutſche aber im Neuen Hamb. Magazin 70tes St. S. 360 u. f.

0,000044, den Weingeiſt aber um 0,000071 zuſammen. Canton unterſuchte, auf eben die Art, mehrere Flüſſigkeiten; bey dem Stande des Barometers von 29½ Zoll, und bey einer Thermometerhöhe von 50 Grad Fahrenheitiſchen Maaßes, und fand durch das Gewicht der Atmoſphäre folgende Zuſammdrückungen:

Weingeiſt wurde zuſammengedruckt um	0,000066
Oliven- oder Baumöl	0,000048
Regenwaſſer	0,000046
Seewaſſer	0,000040
Queckſilber	0,000003

Die ſpecifiſchen Schweren dieſer Flüſſigkeiten ſind aber

Weingeiſt	836
Baumöl	918
Regenwaſſer	1000
Seewaſſer	1028
Queckſilber	13595

alſo ſtehen die Zuſammendrückungen dieſer Flüſſigkeiten nicht, wie man vermuthen könnte, im umgekehrten Verhältniß ihrer Dichtigkeiten oder ſpecifiſchen Schwere.

Aber dieſe Flüſſigkeiten ſind nicht nur compreſſibel, ſondern auch elaſtiſch; denn ſo wie Canton das Gewicht der Atmoſphäre wegnahm, oder zuließ, dehnten ſie ſich aus, oder traten wieder zuſammen. Eben daher glaubt Canton ergäbe ſich, daß dieſe Elaſticität nicht etwa von der in dieſen Flüſſigkeiten enthaltenen Luft herrühre, weil jedesmal bey Zulaſſung oder Wegnehmung des Drucks der Atmoſphäre ſich gerade um eben dieſelbe Quantität ausdehnten, dahingegen die Luft ſich hingegen zweymal mehr ausdehnt, wenn man die Hälfte des Gewichts des Dunſtkreiſes wegnimmt, als ſie zuſammengedruckt

wird, wenn man den ganzen Druck der Atmoſphäre wieder zuläßt [b]).

Hieraus ſchließt Herr Canton folgendes. Das Gewicht von $32\frac{1}{2}$ Seewaſſer iſt dem mittlern Gewicht der Atmoſphäre gleich, und vermöge der bisher angeſtellten Verſuche drückt jedes hinzukommende Gewicht, welches dem Gewicht der Atmoſphäre gleich iſt, eine Quantität Seewaſſer um $\frac{4}{1{,}00000}$ zuſammen. Findet dieſes nun beſtändig ſtatt, ſo muß das Meer da, wo es zwey Meilen tief iſt, durch ſein eigenes Gewicht um 69 Fuß, 2 Zoll, und das Waſſer auf dem Boden um $\frac{13}{1000}$ zuſammengedruckt ſeyn [c]).

Die Engliſche Meile $= \frac{1}{69}$ Grad $=$ 826 Toiſen
$=$ 6.826 Pariſer Fuß,
alſo zwey Engliſche Meilen $=$ 12.826 Par. Fuß;
der Par. Fuß : Engl. Fuß $=$ 1440 : 1351
daher 2 Engl. Meilen $=$ 10572,8 Engl. Fuß
$\frac{10572}{32{,}5} \cdot 0{,}00004$, wäre alſo die Zuſammendrückung an dem Boden, bey zwey Meilen Tiefe,

$$
\begin{array}{lrl}
\text{log.} & 10572{,}8 & = 4{,}0241902 \\
\text{comp. log.} & 32{,}5 & = 8{,}4881166 \\
\text{log.} & 0{,}00004 & = 5{,}6020600 \\
\hline
 & & 2{,}1143668 = \text{log.}\, 0{,}0013013
\end{array}
$$

Hier theilt Herr Canton alſo das Meer, der Höhe nach, in gleiche Theile, jeden zu 32,5 Fuß; er nimmt an, daß jede dieſer Schichten gleiche Dichtigkeit haben, welches doch nicht ſeyn kann. Solcher

b) Philoſ. Tranſait Vol. 54. p. 262.
c) Ebend.

Schichten wären $\frac{10572,8}{32,5} = 325,32$. Dieſe müßten dann 325,32 mal 32,5 Fuß Waſſer wiegen; da die untern aber beſtändig dichteres Waſſer enthalten, ſo wäre dieſe Zuſammendrückung allerdings größer, als die angegebene. Die Quantität aber, um welcher das Meer durch den Druck erniedriget wäre, ließe ſich etwa ſo finden.

Eine Waſſerſäule, ehe ſie durch ihr Gewicht zuſammengedruckt wird, beſtehe aus n gleichen Theilen oder Schichten, jeder von der Länge c, drucken dieſe einander zuſammen, ſo bekommen die Theile folgende Längen.

Die oberſte Schichte $= c$

— 2te ſ ſ $= c.\left(1 - \frac{1}{r}\right)$

— 3te ſ ſ $= c.\left(1 - \frac{2}{r}\right)$

nte Schichte ſ $= c.\left(1 - \frac{(n-1)}{r}\right)$

alſo die Summe oder ihre Länge zuſammen

$$= nc - \frac{n.(n-1)}{2r} . c = a; \text{ daher}$$

$$n^2 - (2r - 1)\, n = - \frac{2ra}{c}$$

a wäre hier $= 10572,8$

r ſ ſ $= 400000$

n ſ ſ $= 325,32$

alſo r jederzeit ſehr groß gegen n; alſo ohne merkliche Fehler

$n = r \mp \sqrt{r^2 - \frac{2a}{c}}$. die Wurzel aus $r^2 - \frac{2a}{c}$

iſt beynahe $= r - \frac{a}{c}$, alſo

$$n = r - r + \frac{a}{c} = \frac{a}{c} = 325,32$$

hiernach $\frac{n \cdot n - 1}{2r} \cdot c = \frac{n \cdot n - 1}{r} \cdot \frac{1}{2} c$

log. = l. 325,32 = 2,5123108
l. n − 1 = l. 324,32 = 2,5109737
l. $\frac{1}{2}$ c = l. 16,25 = 1,2108533
6,2341378
l. $\frac{1}{r}$ = l. 0,00004 = − 5,6020600
1,8361978 = log. 68,58 Fuß.

Canton findet hier 69 Fuß, 2 Zoll; wo dieſe kleine Differenz herrühret, weiß ich nicht. Uebrigens iſt die Vorausſetzung nicht völlig richtig, wie ſchon oben angezeigt iſt; je kleiner man die Schichten annähme, deſto näher käme die Rechnung der Wahrheit.

Ohnſtreitig ſind die Cantonſchen Verſuche, welche die Königliche Societät einer Preismedaille würdig hielt, mit vorzüglicher Genauigkeit gemacht worden, denn dieſe gehört allerdings dazu. Geſetzt, z. B. daß während der Operation die Thermometerhöhe ſich nur um $\frac{1}{4}$, ja nur $\frac{1}{8}$ Grad vermehrte, oder verminderte, ſo betrug dies an einer Röhre von 0,1 Linie im Durchmeſſer bey einer Kugel von 1,6 Zoll im Durchmeſſer ſchon etwas beträchtliches. Denn nimmt auch Herr Canton gleich zu Anfange etwas an, welches man ihm nicht leicht zugeben wird. Durch den Druck der Atmoſphäre auf die Kugel wird dieſe etwas zuſammengedrückt, und dadurch das in ihr enthaltene Flüſſige in die Höhe getrieben. Da nun das Waſſer um 0,11 Zoll dadurch höher ſtand, als das Queckſilber, ſo hatte es eine größere Ausdehnungskraft, als

das Queckſilber. Ganz recht, ſobald man Waſſer hätte, das mit dem Queckſilber einerley Dichtigkeit, oder ſpecifiſche Schwere hätte. Wann aber die Kugel einmal mit einem Flüſſigen, das 14mal dichter iſt, als das erſtere, angefüllt war, ſo mußte der bey beyden gleichbleibende Druck der Atmoſphäre bey dem Queckſilber einen weit größern Widerſtand finden, als bey dem Waſſer, und konnte daher die mit Queckſilber gefüllte Kugel nicht ſo ſtark zuſammendrucken, als nachmals, da ſie mit Waſſer gefüllt wurde; alſo tritt das Queckſilber nicht ſo hoch in die Röhre hinauf, als das Waſſer. Nicht größere Ausdehnungskraft des Waſſers, ſondern geringere Dichte, und daher geringere Reſiſtenz war davon die Urſache, oder konnte es wenigſtens ſeyn. Bey der Verdichtungsmaſchine konnte dies derſelbe ſeyn. Die Ausdehnung der verſchiedenen Flüſſigkeiten verhält ſich zwar nicht genau umgekehrt, wie ihre ſpecifiſchen Schweren; aber allgemein ſieht man doch aus beyden obigen kleinen Tabellen, daß die Höhe der Röhre, welche ihre verſchiedene Ausdehnung anzeigt, minder, oder größer iſt, je nachdem die Dichtigkeiten zu- oder abnehmen; alſo überhaupt, je kleiner der Widerſtand der angefüllten Kugel, deſto größer die Höhe in der Röhre. Ich läugne hiedurch nicht, daß das Waſſer, oder die übrigen Flüſſigkeiten compreſſibel ſind, oder ſeyn können; aber ich wundere mich doch, daß Herr Canton nicht auf dieſe Schwierigkeit gefallen iſt.

Der Einwurf, daß die in dem Waſſer enthaltene Luft die Ausdehnung hervorbringen konnte, ſcheint bey dieſen Verſuchen auf eine zwiefache Art gehoben zu ſeyn; einmal, weil man Luft in die Kugel brachte, und das Experiment dadurch keine Aenderung litt; zweytens, weil die Ausdehnung nicht nach den Geſetzen der Elaſticität der Luft geſchahe. Uebrigens weiß je-

der, der nur irgend mit Genauigkeit Verſuche angeſtellt hat, wie ſchwer, ja im eigentlichen Verſtande ganz unmöglich es iſt, Waſſer oder andre Flüſſigkeiten vermöge der Luftpumpe ganz von Luft zu reinigen.

Etwas hieher gehöriges ſcheint mir die Bemerkung des Ritters de Servieres zu ſeyn. Er glaubt gefunden zu haben, daß die Thermometerhöhe, einer mit Queckſilber angefüllten Röhre, merklich durch den perpendiculairen Druck der Queckſilberſäule vermindert werde. Nämlich, ein horizontalliegendes Queckſilberthermometer ſtehe um etwas höher, als ein perpendiculairſtehendes. Es thut mir leid, keine genauere Nachricht von des Ritters Unterſuchungen geben zu können; ich ſchrieb mir dies nur eilig bey Durchleſung des Journal Encyclopedique nieder, und vergaß, mir den Theil des Journals zu bemerken. Doch glaube ich, daß man dies in dem Jahre 1777 oder 1778 findet, da ich dies Journal nicht ſelbſt beſitze, ſo muß ich es hiebey bewenden laſſen.

Der Abt Felice Fontana.

Ich weiß nicht genau, ob des berühmten Fontana Angabe eines Inſtruments der Abiſchen Erfindung der Zeit nach vorgeht. Ich habe nur eine Beſchreibung des Inſtruments in der Holländiſchen Ausgabe des Journal des Scavans für 1777, Monat Julius, gefunden. Sie iſt aus des Rozier Obſervations ſur la phyſique, l'hiſtoire naturelle & ſur les arts genommen, und macht einen Theil der Beſchreibung des Großherzoglichen Kunſt- und Naturaliencabinets zu Florenz aus. Der Abt Fontana iſt

Aufſeher davon, hat viele ſehr merkwürdige Maſchinen angegeben, und andere verbeſſert; er wird dieſes vorzügliche Cabinet in einigen Bänden in Folio nächſtens beſchreiben, und bis dahin wird man ſich alſo mit folgender kurzen Nachricht der Waſſercompreſſionsmaſchine begnügen müſſen. Ich ſetze die ganze Stelle des Journals hieher; vielleicht wird man ſich eher einen Begriff von der Sache machen können, als durch einen Auszug.

L'experience de l'Academie del Cimento, de même que celles que l'on a faites enſuite, ne prouvent rien, ſinon que l'eau eſt peu compreſſible. Si l'on devoit prouver la compreſſibilité d'une boule d'acier de la plus forte trempe, par la ſimple preſſion à laquelle on la ſoumettroit, ne diroit on pas qu'elle eſt incompreſſible? Chacun ſait cependant, combien elle eſt elaſtique.

La difficulte conſiſtoit donc à trouver un genre d'experiences telles, que ſi petite, que fût la compreſſibilité de l'eau, au cas qu'elle en eût, on pût l'appercevoir. Il etoit connu, que les fluides, comme l'air, compriment également les corps dans toutes les parties, que les parois interieures & exterieures d'un vaſe ouvert, éprouvent une égale preſſion de la part de l'air; que ſi le vaſe eſt plein d'eau, les parois intérieures ne ſont chargées de plus que les parois extérieures, que du poids ſeul de l'eau, & que le poid de l'air pouvoit croitre de telle quantite que ce ſoit, ſans que le vaſe plein d'eau vienne à ſe rompre, quoique cette eau qu'il continent, ſoit toujours plus comprimée. C'eſt d'après ces idées, que M. *Fontana* a imaginé l'expérience, qui décide la queſtion, & l'inſtrument propre à la faire.

Cet inſtrument conſiſte en un cylindre creux de métal, aſſez épais pour être très-ſolide, de ſept pouces de diametre & d'autant de hauteur; ce cylindre ouvert par ſon fond ſupérieur, reçoit dans cet endroit par le moyen d'une forte vis, une petite tour quarée de ſix lignes de large, & de huit pouces de haut; cette tour compoſée de glaces épaiſſes & ſolidement aſſemblées par des angles de métal, porte dans ſa partie ſupérieure, un mécaniſme fait pour y adapter une pompe de compreſſion, & meſurer la quantité d'air, qu'on introduit par la tour. Au-dedans du cylindre de métal, il place un cylindre de criſtal de capacité connue, fermé en-deſſous, & terminé endeſſus par un tube d'un diametre capillaire, mais épais de verre. Puis avec la pompe adaptée à la tour, il condenſe l'air dans le cylindre; cet air comprime l'eau contenue dans le cylindre de cryſtal, par le tube qui y eſt joint par le haut l'eau baiſſant dans ce tube, indique quelle eſt compreſſible & de combien elle l'eſt; ce que l'on obſerve aiſément au travers des glaces de la petite tour dans laquelle monte ce tube. Suppoſons maintenant le cylindre de cryſtal qui ſe remplit d'eau, de ſix pouces de capacité intérieure, dans les deux dimenſions, le tube qui y eſt joint de $\frac{1}{10}$ de ligne de diametre, & de trois pouces de haut, & qu'on puiſſe diviſer ces trois pouces en cent parties viſibles à l'oeil, la compreſſion de l'eau ſe fera appercevoir, quand bien même elle ne ſeroit compreſſible que de la cent millioneme partie de ſon volume.

Cette belle expérience a été faite pour plus de ſûreté de différentes manieres. En purgeant d'air l'eau qu'on ſoumettoit à cette épreuve, en la teignant de différentes façons, & enfin en l'ap-

pliquant à d'autres fluides, & ſurtout au mercure.

Da der mir unbekannte Verfaſſer dieſer Nachricht kein einziges mit dem Inſtrumente vorgenommenes Experiment genau anzeigt, ja nicht einmal überhaupt ſagt, um wie viel man dadurch das Waſſer zuſammendrucken könne, ſo läßt ſich von dem Ganzen weiter kein Urtheil fällen. Hoffentlich wird der Abt Fontana ſelbſt uns nächſtens hievon genauer belehren.

Rudolph Adam Abich.

Die Veranlaſſung zu dem von dem Fürſtlich Braunſchweigiſchen Herrn Oberſalzinſpector Abich zur Zuſammendrückung des Waſſers angegebenen Inſtrumente, welches ich nun, nebſt denen damit unternommenen Verſuchen, als den wichtigſten Theil dieſer Abhandlung genau beſchreiben werde, gaben die Feuerſprützen. Herr Abich, der ſich ſchon durch Angabe verſchiedener andern nützlichen Maſchinen, als einen vorzüglichen practiſchen Mechaniker bekannt gemacht hat, liefert auch beſondere brauchbare Feuerſprützen. Es kam ihm hiebey der Gedanken ein, ob wohl vermöge des Kolbens in den Feuerſprützen eine Compreſſion des Waſſers vorgehe. Um dieſes näher zu unterſuchen im Stande zu ſeyn, dachte er auf ein eigenes Inſtrument, womit ſich die Compreſſibilität des Waſſers unterſuchen ließe. Er hatte von den Florentiniſchen Verſuchen gehört, wußte auch, daß man eben deswegen die Zuſammendrückung des Waſſers für unmöglich hielt. Herr Abich ſahe ein, daß bey den Verſuchen, das Waſſer in Kugeln zuſammen zu hämmern, nicht nur das Metall jederzeit zu ſchwach

geweſen war, und zum Theil, um ſich, ohne zu zerreißen, hämmern und preſſen zu laſſen, auch ſchwach ſeyn mußte. Er verſuchte daher, eine Maſchine anzugeben, welche mit größern Kräften gegen das Waſſer wirken könnte, dabey aber auch hinreichend ſtark ſey, dieſer Gewalt zu widerſtehen. Er glaubte, daß ein in einer metallenen, mit Waſſer gefüllten Röhre genau paſſender Stämpel ſich am bequemſten hiezu ſchicke, und 1776 verſuchte er dies mit einem Flintenlaufe, der dazu eine gehörige Vorrichtung hatte, ins Werk zu richten. Allein, das Experiment entſprach der Abſicht nicht, denn dieſe eiſerne Röhre zerſprang. Ein Flintenlauf iſt gewöhnlich noch keine Linie dick, und Herr Abich ließ daher nun ein eigenes Inſtrument zu dieſen Verſuchen von Meſſing verfertigen. Die Dicke des Metalls war ungefähr 9 Linien, und der Stämpel ſchloß ſo genau, als möglich. Er machte hiemit einen Verſuch, der glücklicher ausfiel, nämlich der Stämpel wurde durch Hülfe einer Schraube wirklich niedergedruckt. Herr Abich hatte die Gefälligkeit, mir von ſeinen Verſuchen Nachricht zu geben; er zeigte mir das Inſtrument, und wiederholte das Experiment. Als wir zum zweytenmal den Stämpel ſo tief als möglich hineintrieben, zeigten ſich außen unten an dem Stiefel oder Pumpe viele kleine Waſſertropfen. Es war nämlich das Metall durch die große Gewalt an ſeinem ſchwächſten Orte zerriſſen, und das Waſſer drang aus kleinen Oeffnungen hervor. Da indeß die vorhergehenden Verſuche die Möglichkeit der Sache bewieſen hatten, ſo entſchloß ſich der Erfinder, ein neues, ſtärkeres, ähnliches Inſtrument machen zu laſſen. Der Künſtler, der es verfertiget, iſt der Braunſchweigiſche Hofmechanicus, Herr Johann Wilhelm Gropp in Salzdahlum, der in ſolchen Arbeiten mit Recht den geſchickteſten Künſtlern En-

gellands und Deutſchlands an die Seite zu ſetzen iſt. Die mit dieſem Inſtrumente vorgenommenen glücklichern Verſuche werde ich nachmals genau anzeigen, zuerſt die

Beſchreibung der Maſchine.

Sie iſt ſehr einfach; im Grunde nichts weiter, als ein hohler meſſingener Cylinder, mit einem äußerſt genau paſſenden Stämpel. Der meſſingene Cylinder iſt nicht durchaus in gleicher Weite ausgehöhlt. Oben und unten hat er die Weite des Durchmeſſers des Stämpels, aber der größte Theil iſt weiter, wie die Figur und die gleich folgenden Meſſungen geben. Dieſe Einrichtung iſt nun eben nicht die beſte. Der Künſtler, der ſie verfertiget, hat dabey wohl darauf geſehen, daß auf die Weiſe die Zuſammendrückung, oder vielmehr das Hinuntertreten des Stämpels deſto anſehnlicher oder auffallender würde; allein, auf der andern Seite verliert man hiebey an geometriſcher Richtigkeit, an bequemer Beſtimmung des Inhalts der zuſammengedruckten Waſſermaſſe. Folgendes zeigt die Maaße der Maſchine in Braunſchweigiſchem zwölftheiligen Maaße.

Tab. II. Fig. 2 und 1.

	Zoll	Linien	12tel d. Lin.
Länge des ganzen Cylinders von A bis B = = =	21	5	10
ſein Durchmeſſer CD =	3	7	7
der Durchmeſſer des Waſſerraums oder Höhlung bey EF	1	2	6
Dicke des Meſſings bey EF	1	2	6
Länge der Höhlung für das Waſſer oder der ganzen Waſſerſäule I = = =	16	3	9

	Zoll	Linien	12tel d. Lin.
Durchmeſſer des Stämpels GH	0	9	2
Länge des Stämpels GN	6	4	3
Länge des Theils des Stämpels, um welchen die Leder liegen, nebſt den Schrauben u ß	2	4	--

Der meſſingene Cylinder iſt vermittelſt der beyden hervortretenden obern Arme, Pf und Qg, mit dem eiſernen Aufſatze, RSPQ, durch zwey Schrauben, *df* und *eg*, verbunden. Bey *b* befindet ſich eine eiſerne Queerſtange oder Balken *ac*, worin der Stämpel, um Biegung und Schwanken zu verhüten, läuft.

Die beyden untern Arme W und X paſſen in ein hölzernes ſtarkes Geſtell mit einem Kreuzfuße. Dies Geſtelle iſt ſo ausgehöhlt, daß der ganze untere Theil WBvX bequem darin Platz hat, und feſte ſteht. Bey den genauern Verſuchen mit dem Hebel wird die Maſchine aus dieſem Fuße herausgehoben. Bey IK tritt ein eiſerner comiſcher Zapfen *m*, der mit ſtark geſchlagenen und in Talg gekochten Ledern umgeben iſt, gegen das Flüſſige. Auf ihn paßt eine eiſerne Platte, worauf dann die Schraube *V* ſtößt, wodurch dann der untere Theil ſehr genau kann verſchloſſen werden.

Der Stämpel ſelbſt, auf den hier das meiſte ankommt, iſt von Eiſen, und es liegen um ihn eilf in Talg gekochte, ſtark geſchlagene Leder herum. Dieſe ſind überdem mit den beyden eiſernen Schrauben α und β zuſammengeſchroben. Dadurch ſchließt der Stämpel ſo genau, daß man bey leerer Maſchine gegen 80 Pfund Gewicht anwenden muß, ihn niederzudrücken. Es iſt von ſelbſt klar, daß der mindeſte Zwiſchenraum dem gedruckten Waſſer ein ſchnelles Hervorſprützen erlauben würde, wodurch denn die Maſchine ihres ganzen Zwecks verfehlte. Eben dies

iſt aber die Urſache, warum bey jedesmaligem Anfüllen des Stiefels mit irgend einem Flüſſigen die Maſchine muß umgekehrt werden. Es iſt nämlich viel leichter, nach Wegnehmung der Schraube *V*, und des eiſernen Zapfens *llm*, von unten das Waſſer hinein zu gießen, wenn die Maſchine umgewandt iſt, als den Stämpel heraus zu ziehen, und von oben das Flüſſige bey *A* hinein zu gießen. Anfänglich bediente ſich Herr Abich einer Schraube (Fig. 1. Tab.), nebſt einer Kurbel, um den Stämpel niederzudrücken. Es war dies auch allerdings bequem, allein, da es nicht leicht möglich war, die Kraft des Menſchen, welcher die Kurbel drehete, genau zu beſtimmen, mithin die Genauigkeit in Angabe der den Stämpel niederdrückenden Kraft wegfiel; ſo rieth ich, ſtatt der Schraube einen Zapfen (2te und 3te Fig. T.) zu ſetzen, auf welchen ein langer ſtarker eiſerner Hebel, deſſen Ende mit Gewichten beſchwert wurde, drucken konnte. Die 3te Figur der 2ten Tafel zeigt dieſe Vorrichtung. MM bezeichnet einen Theil der Mauer, oder vielmehr des in der Mauer befindlichen hölzernen Balkens, welcher ſo ausgehöhlt war, daß die Maſchine ADBv darin konnte eingelaſſen werden, und feſte ſtand. In dem Theile *O* des Balkens war der Ruhepunkt des Hebels, der mit ſeinem Punkte *C* auf den Zapfen *T* wirkte; dieſer trieb dann den Stämpel NOGH (2te Fig.) nieder. Der eiſerne Hebel war ziemlich genau ein vierſeitiges Prisma, $113\frac{1}{2}$ Zoll lang, 73 Pfund 3 Unzen ſchwer.

Um nachmals die Verſuche nicht unterbrechen zu dürfen, will ich hier die Berechnung des Hebels für jedes daran gehangene Gewicht (P in der 3ten Fig.) beybringen, und erinnere nur, daß die Zeichnung nicht füglich die wahre Maaße des übermäßig langen Hebels angeben konnten; man muß alſo den Hebe

nicht nach den unten gezeichneten Maaßſtab rechnen; letzterer beſtimmt nur allein die Maſchine.

Ich habe mich folgender Formel des Herrn Hofrath Käſtners zur Berechnung des Hebels gegen den Zapfen T bedienet; die Kraft iſt $= \frac{Qb + Pc}{k}$

$= \frac{Qb}{k} + \frac{c}{k} . P$, hier bezeichnet

Q das Gewicht des Hebels = 73 Pf. 3 Unz. $= 73\frac{3}{16}$ Pf. = 73,1875 Pf.

c Länge des Hebels $= 113\frac{1}{2}$ Zoll = 113,5 Zoll.

b Abſtand ſeines Schwerpunkts vom Ruhepunkt = 56 Zoll.

k Abſtand *oc* des Zapfens vom Ruhepunkt $o = 5\frac{1}{2} = 5{,}5$ Zoll

P das zu Ende des Hebels anhangende Gewicht.

Dies iſt zu Anfange eines jeden Verſuchs = 0. Es iſt veränderlich, denn man hieng zuerſt $\frac{1}{4}$, dann $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, 1 ganzen, $\frac{5}{4}$, $\frac{6}{4}$, und zuletzt $\frac{7}{4}$ Centner Braunſchweigiſch Gewicht, den Centner zu 114 Pfund gerechnet, an den Hebel, ſo das P alle dieſe Werthe nach und nach bekömmt.

Der erſte Term der Formel $\frac{Qb}{k}$ ſowohl, als auch der eine Theil des zweyten, nämlich $\frac{c}{k}$ bleiben daher unverändert. Der Druck des Hebels ohne Gewicht, wo Q = O iſt, wäre denn ſo zu beſtimmen.

$$\frac{Qb}{k} = \frac{73{,}1875 \cdot 56}{5{,}5} = \frac{14{,}6375 \cdot 56}{1{,}1}$$

$$\begin{aligned} \log. 14{,}6375 &= 1{,}1654669 \\ \log. 56 &= 1{,}7481880 \\ \text{compl.} \log. 1{,}1 &= 9{,}9586073 \\ & \overline{2{,}8722622} = l.\ 745{,}181 \end{aligned}$$

Der Bruch $\frac{c}{k} = \frac{113{,}5}{5{,}5} = \frac{22{,}7}{1{,}1}$

Alſo wenn $P = \frac{1}{4}$ Centner = 28,5 Pf.

$$\frac{c}{k} P = \frac{22{,}7}{1{,}1} \cdot 28{,}5$$

$$\begin{aligned} \log. 22{,}7 &= 1{,}3560259 \\ \text{compl.} \log. 1{,}1 &= 9{,}9586073 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l. \frac{c}{k} = l. \frac{22{,}7}{1{,}1} &= 1{,}3146332 \\ l.\ 28{,}5 &= 1{,}4548449 \\ & \overline{2{,}7694771} = l.\ 588{,}134 \\ & \qquad\qquad\quad 745{,}181 \\ & \qquad\qquad\quad \overline{1333{,}315} \text{ Pf.} \end{aligned}$$

Es iſt unnöthig, die Rechnungsarten der übrigen Fälle, welche dieſen beyden vollkommen ähnlich ſind, herzuſetzen. Die dadurch ſich ergebenden Gewichte, oder der Druck des Hebels für jedes angehangene Gewicht ſind

α) $P = 0$; $\frac{Qb + Pc}{k}$ = 745,181 Pfund

β) $p = \frac{1}{4}$ Ct. = 28,5 Pf. = 1333,315

γ) $p = \frac{1}{2}$ Ct. = 57 Pf. = 1921,181

δ) $p = \frac{3}{4}$ Ct. = 85,5 Pf. = 2509,591

ε) $p = 1$ Ct. = 114 Pf. = 3097,733

ζ) $p = 1\frac{1}{4}$ Ct. = 142,5 = 3685,864

η) p = $1\frac{1}{2}$ Ct. = 171 Pf. = 4274,001 Pfund
ϑ) p = $1\frac{3}{4}$ Ct. = 199,5 = 4862,136

Der Kürze wegen werde ich bey den Verſuchen ſelbſt künftig die Gewichte, durch die einem jeden vorgeſetzten Buchſtaben α, β u. ſ. w. bezeichnen. Bey den letzten, größten Gewichten ereignete es ſich, daß der Zapfen T durch die Gewalt etwas weniges aus ſeiner perpendiculairen Lage getrieben wurde. Durch die daher entſtandene Reibung mag man wohl 40 bis 50 Pfund weniger rechnen.

Die erſten Verſuche geſchahen im May und Junius 1777, in Gegenwart einiger gültigen ſachkundigen Männer, nachmals im October deſſelben Jahres, im November 1778, und die letztern habe ich im Februar 1779 angeſtellt.

1) Mit Brunnenwaſſer.

Der Cylinder wurde vorbeſagtermaßen mit Brunnenwaſſer gefüllt, die Höhlung oder der Waſſerraum (αβεFno Fig. 2.) hielt $26,\frac{3}{4}$ = 26,75 Cubiczoll Braunſchweigiſches Maaß, dies Waſſer wog $12\frac{1}{2}$ = 12,5 hieſiger Unzen.

	Zoll	Lin.	Scr.
Der Stämpel ſtand genau an die Stange NO, und die Höhe von *b* bis *o* betrug	1	8	6
durch den Hebel oder den Druck α gieng der Stämpel nieder, oder der Stämpel ragte nur noch über die Querſtange *ca* hervor, um	1	5	3
durch β	1	2	3
durch γ	0	11	7
da das Gewicht *P* des Drucks γ abgenommen wurde, trat der Stäm-			

	Zoll	Lin.	Scr.
pel von ſelbſt wieder in die Höhe bis auf	1	6	0
der Druck δ druckt den Stämpel nieder bis	0	10	0
der Druck ε	0	8	8
bey Abnahme des Gewichts *P* dieſes Drucks ſtieg der Stämpel bis	1	1	0
der Druck den Stämpel nieder bis	0	8	1
bey Abnehmung des Gewichts *P* in die Höhe bis	1	0	0
η druckt bis	0	6	0
bey Abnehmung des Gewichts P, in die Höhe bis	1	0	0
Nach Abnehmung des Hebels ſelbſt trat der Stämpel wieder in die Höhe bis	1	6	4

Das Waſſer wurde ſogleich wieder herausgegoſſen, wir fanden an dem Maaß des Waſſers keine nur merkliche Differenz.

2) Mit 26¾ Cubiczoll gekochtem Brunnenwaſſer.

	Z.	L.	12tel od. Scr.		Zoll	Lin.	Scr.
Der Stämpel ſtand wie oben auf					1	8	6
	Z.	L.	12tel od. Scr.		Z.	L.	S.
α druckt ihn bis	1	5	6;	nach Abnehmung des Hebels trat er zurück bis	1	7	0
β . . .	1	2	9;	nach Abnehmung des Gewichts P trat er zurück bis	1	2	10
γ . . .	1	0	1;	. . . .	1	1	7
δ . . .	0	9	7;	. . . .	1	1	0
ε . . .	0	7	6;	. . . .	1	1	0

Des ausgegoſſenen Waſſers war nicht merklich weniger, als des eingefüllten.

3) Mit 26¾ Cubiczoll ſaturirtem Salzwaſſer.

Der Stämpel ſtand zu Anfang 1 Zoll, 8 Linien, 6 12tel oder Scrupel.

	Z.	L.	S.		Z.	L.	S.
α druckt den Stämp. bis	1	4	0;	nach Abnahme des Hebels zurück bis	1	5	6
β =	1	1	4;	nach Abnahme des Gewichts P zurück bis	1	1	6
γ =	0	11	0;	= =			
δ =	0	9	2;	= =	1	0	-
ε =	0	8	1;	= =	-	11	6
ζ =	0	5	6;	= =	-	11	6
ϑ =	0	2	8;	= =	-	11	6

4) Mit 26¾ Cubiczoll Milch.

Der Stämpel ſtand, wie bey den vorhergehenden auf 1 Zoll, 8 Linien, 6 Scrupel.

	Z.	L.	S.		Z.	L.	S.
α druckt den Stämp. bis	1	6	4;	nach Abnahme	1	7	2
				des Hebels zurück	1	7	2
β =	1	3	8;	nach Abnahme des Gewichts P zurück bis	1	3	6
γ =	1	1	4;	= =			
δ =	0	10	7;	= =	1	1	5
ε =	0	9	4;	= =	1	1	4
ζ =	0	6	7;	= =	1	1	4
η =	-	4	8;	= =			

5) Mit $26\frac{3}{4}$ Cubiczoll Branntewein.

Der Stämpel ſtand anfänglich, wie oben auf 1 Zoll, 8 Linien, 6 Scrupel.

	Z.	L.	S.		Z.	L.	S.
α drückt den Stämp. bis	1	6	5;	nach Abnahme des Hebels zurück	1	7	2
β ⸗	1	4	8;	nach Abnahme des Gewichts zurück	1	3	8
γ ⸗	1	2	4;	⸗ ⸗			
δ ⸗	1	0	1;	⸗ ⸗	1	2	0
ε ⸗	0	9	6;	⸗ ⸗	1	2	0
ζ ⸗	0	7	10;	⸗ ⸗	1	2	0
η ⸗	0	6	3;	⸗ ⸗	1	2	0
ϑ ⸗	0	3	6;	⸗ ⸗	1	2	0

Es finden ſich bey dieſer Anzeige einige Lücken, wo das Zurück⸗ oder vielmehr wieder in die Höhetreten des Stämpels nicht angezeigt iſt; dies rührt von der Eile, mit welcher man neue Gewichte hinzuhieng, ohne vorher die erſten abzunehmen. Was aber die Verſchiedenheit in der Höhe des Zurücktretens ſelbſt betrifft, ſo könnte man dies (im Fall man die unterſuchten Flüſſigkeiten wirklich für elaſtiſch hielte) den verſchiedenen Graden der Elaſticität derſelben zuſchreiben, ich werde nachmals hievon Gebrauch zu machen ſuchen.

Ich habe dieſe Verſuche gleich auf einander folgen laſſen, ob ſie gleich nicht alle zu gleicher Zeit angeſtellt ſind. Oeconomiſche Angelegenheiten verurſachten, daß der Hebel nachmals nicht weiter gebraucht worden, ſondern nur die Schraube, wodurch denn zwar freylich das Flüſſige, oder vielmehr der Stämpel noch weiter hinunter gedruckt wurde, aber die große Kraft

nicht genau zu beſtimmen war. Mehrere Verſuche, welche theils Herr Abich blos nur alleine, theils ich für mich nachmals vorgenommen habe, werden weiter unten vorkommen; jezt werde ich nur die Verkürzung der Waſſerſäule, wie auch die Quantität, um welche das Flüſſige, ſeinem Raume nach, cubiſch verloren zu haben ſcheint, zu beſtimmen ſuchen.

Die Länge der Säule des Flüſſigen αn iſt = 16 Zoll, 3 Linien, 9 Scrupel, oder 12tel Linnie = 2349 Scrupel.

Bey dem erſten Verſuch, nämlich mit Brunnenwaſſer, war durch das Gewicht α die Verkürzung

Zoll L. Scr. Zoll L. Scr.

$= 1 + 8 + 6 - 1 + 5 + 3 = 39$ alſo

$\frac{39}{2349} = \frac{13}{783} = \frac{1}{6026} = 0{,}01660.$ Auf die Weiſe ſind die folgenden Rechnungen gleichfalls geführt.

Durch das Gewicht β ward die Waſſerſäule verkürzt um $= \frac{75}{2349} = \frac{1}{31{,}32} = 0{,}03192$

= = = $\gamma = \frac{107}{2349} = \frac{1}{21{,}953} = 0{,}04597$

= = = $\delta = \frac{126}{2349} = \frac{42}{783} = \frac{1}{18{,}16} = 0{,}0538$

= = = $\varepsilon = \frac{142}{2349} = \frac{1}{16{,}54} = 0{,}0604$

= = = $\eta = \frac{170}{2349} = \frac{1}{13{,}8} = 0{,}0723$

Zweyter Verſuch mit gekochtem Waſſer.

Durch das Ge-

wicht $\alpha = \frac{36}{2349} = \frac{1}{65,25} = 0,01532$

= = $\beta = \frac{69}{2349} = \frac{1}{34,04} = 0,02937$

= = $\gamma = \frac{101}{2349} = \frac{1}{23,257} = 0,04172$

= = $\delta = \frac{131}{2349} = \frac{1}{17,932} = 0,05619$

= = $\varepsilon = \frac{156}{2349} = \frac{1}{15,005} = 0,06687$

Dritter Verſuch mit ſaturirtem Salzwaſſer.

Durch das Ge-

wicht $\alpha = \frac{54}{2349} = \frac{1}{43,5} = 0,023414$

= = $\beta = \frac{86}{2349} = \frac{1}{27,31} = 0,03661$

= = $\gamma = \frac{114}{2349} = \frac{1}{20,605} = 0,04853$

= = $\delta = \frac{136}{2349} = \frac{1}{17,272} = 0,05832$

= = $\varepsilon = \frac{149}{2349} = \frac{1}{15,765} = 0,06343$

= = $\zeta = \frac{180}{2349} = \frac{1}{1305} = 0,07662$

= = $\vartheta = \frac{214}{2349} = \frac{1}{10,976} = 0,091102$

Vierter Verſuch mit Milch.

Durch das Ge-

wicht $\alpha = \frac{26}{2349} = \frac{1}{90,34} = 0,01106$

= = $\beta = \frac{58}{2349} = \frac{1}{40,5} = 0,02469$

= = $\gamma = \frac{86}{2349} = \frac{1}{27,31} = 0,03661$

= = $\delta = \frac{119}{2349} = \frac{1}{19,73} = 0,050659$

= = $\varepsilon = \frac{134}{2349} = \frac{1}{1752} = 0,05704$

= = $\zeta = \frac{167}{2349} = \frac{1}{14,06} = 0,07109$

= = $\eta = \frac{190}{2349} = \frac{1}{1236} = 0,08088$

Fünfter Verſuch mit Branntewein.

Durch das Ge-

wicht $\alpha = \frac{25}{2349} = \frac{1}{93,96} = 0,010642$

= = $\beta = \frac{46}{2349} = \frac{1}{51,06} = 0,01958$

= = $\gamma = \frac{74}{2349} = \frac{3}{31,74} = 0,031502$

= = $\delta = \frac{101}{2349} = \frac{1}{23,25} = 0,04299$

= = $\varepsilon = \frac{132}{2349} = \frac{1}{17,79} = 0,056194$

Durch das Gewicht $\zeta = \frac{152}{2349} = \frac{1}{15,52} = 0,064708$

$\vartheta = \frac{204}{2349} = \frac{1}{11,51} = 0,08684$

Um die Quantität der Zuſammendrückung, oder des Heruntertretens des Stämpels cubiſch zu beſtimmen, ſind zwey Wege gewählt worden. Einmal wurde eine blecherne Form, darin der Stämpel genau paßte, jederzeit ſo weit voll Waſſer gegoſſen, als für jedesmaligen Stämpelſtand der Stämpel hinuntergetreten war; und dieſe Waſſermaſſe wurde nachmals in ein Maaß, welches genau einen hieſigen Cubiczoll ausmacht, geſchüttet. Ein andermal aber verfuhren wir ſo, daß wir in ein mit Waſſer genau angefülltes Gefäß den Stämpel für jeden Stämpelſtand eintauchten, dadurch lief alſo ſo viel Waſſer aus dem Gefäß, als der Theil des eingetauchten Stämpels betrug. Dies übergelaufene Waſſer wurde in den blechernen hohlen Cubiczoll, oder in den cubiſchen Raum gegoſſen, und darnach die Quantität beſtimmt. Beyde Methoden haben die Unbequemlichkeiten, daß leicht einige Tropfen verloren gehen, oder eigentlich ungemeſſen bleiben, ſo, daß man die kleinſten Theile hier nicht genau genug ſchätzen konnte. Dieſe Meſſungen gaben folgende Reſultate.

Beym Brunnenwaſſer betrug das Maaß, um wie viel der Stämpel jedesmal hinunter getreten war,

für den Druck $\alpha = \frac{3}{16} = \frac{1}{5,333} = 0,1875$ Cubz.

$\beta = \frac{3}{8} = \frac{1}{2,666} = 0,375$

für den Druck $\gamma = \frac{9}{16} = \frac{1}{1,777} = 0,562$

" " " " $\delta = \frac{12}{16} = \frac{1}{1,333} = 0,75$

" " " " $\vartheta = 1$ Cubiczoll.

Wurde, vermöge der Schraube und Kurbel, die ſtärkſte Verminderung des Raums zuwege gebracht, ſo betrug dies $1\frac{7}{8}$ Cubiczoll. Hieraus läßt ſich die Verkürzung des Raums cubiſch auf folgende Art berechnen. Der ganze Waſſerraum hält

$26\frac{3}{4} = 26,75$ Cubiczoll; nun beträgt die Zuſammendrückung bey α $\frac{3}{16} = 0,1875$

alſo beträgt dieſe Verminderung des ganzen Raums

$\frac{26,75}{0,1875}$; log. 26,75 = 1,4273238
log. 0,1875 = − 1,2730013

2,1543225 = log. 142,66

daher dieſe Verminderung $= \frac{1}{142,66}$

für β, betrug das Hinuntertreten des Stämpels

$= \frac{3}{8} = 0,375$ Cubiczoll;

alſo $\frac{26,75}{0,375}$; oder l. 26,75 — l. 0,375 = l. 89,804;

daher die Verminderung des Raums für den Druck

$\beta = \frac{1}{89,804}$ Auf die Art findet man folgende Werthe für die jedesmalige Verminderung des Raums bey dem Brunnenwaſſer

für $\alpha = \frac{1}{142,66}$

" $\beta = \frac{1}{89,804}$

für $\gamma = \frac{1}{47,55}$

= $\delta = \frac{1}{35,667}$

= $\vartheta = \frac{1}{26}$

Die ſtärkſte Verkürzung vermöge der Schraube und Kurbel, welche $1\frac{1}{8} = 1,125$ Cubiczoll betrug; giebt für die Verminderung des Raums $\frac{1}{23,777}$ oder beynahe $\frac{1}{24}$ des ganzen Raums.

Nähme man dies als wirkliche Zuſammendrückungen des Flüſſigen an, ſo wären die Dichtigkeiten des Waſſers vor und nach der Zuſammendrückung für den letzten Fall = 23 : 24 = 1,000 : 1,0433. Für den Druck ϑ war die Zuſammendrückung $\frac{1}{26}$; alſo die für dieſen Fall die Dichtigkeiten vor und nach der Znſammenpreſſung = 25 : 26 = 1,00 : 1,04. Muſſchenbroek [a]) ſetzt die Dichtigkeit des Brunnenwaſſers zu der des Seewaſſers = 0,999 : 1,030 = 1 : 1,0310; alſo war das Brunnenwaſſer durch den Druck ϑ dichter geworden, als Seewaſſer. Ferner Brunnenwaſſer:

= 0,999 : 1,039 = 1,000 : 1,04

Brunnenwaſſer : Menſchenblut = 0,999 : 1,040 = 1000 : 1,041. Durch den ſtärkſten Druck, mit der Schraube, wurde alſo das Brunnenwaſſer dichter, als dieſe beyden angeführten flüſſigen Maſſen.

a) Introduct. in Philoſ. natur. T, 2. p. 558.

Vergleicht man die jedesmaligen Zuſammendrückungen der verſchiedenen flüſſigen Maſſen, womit hier Verſuche angeſtellet ſind, mit ihren ſpecifiſchen Schweren oder Dichtigkeiten unter einander; ſo ergäbe ſich folgendes.

Durch den Druck α ſind zuſammengedruckt ihrem Raume nach in Cubiczollen

Brunnenwaſſer um	Saturirtes Salzwaſſer	Milch	Brannteweín
$\frac{1}{142,66}$	$\frac{1}{103,45}$	$\frac{1}{215,21}$	$\frac{1}{224,76}$
Durch den Druck δ			
$\frac{1}{35,667}$	$\frac{1}{33,909}$	$\frac{1}{38,695}$	$\frac{1}{45,664}$
Die ſpecifiſchen Gewichte dieſer flüſſigen Körper ſind			
0,999	1,2047	1,030	0,9855

Ich habe nur für die Gewichte α und δ dieſe Vergleichungen hier beygebracht, weil dieſe beyde bey allen Verſuchen gebraucht ſind, dahingegen aus Uebereilung derer, die die ſchweren Gewichte anhiengen, einigen der andern bey andern Verſuchen überſchlagen wurden. Dieſe Vergleichungstabelle zeigt deutlich, daß die Zuſammendrückungen ſich nicht umgekehrt verhalten, wie ihre ſpecifiſchen Schweren. Branntewein iſt das leichteſte dieſer flüſſigen Maſſen, und wurde am mindeſten zuſammengedruckt.

Wie ſehr hat dann de Lanis geirret, daß er es für ausgemacht annahm, daß die verſchiedenen flüſſigen Maſſen, je nach ihrer ſpecifiſchen Schwere der

Compreſſion widerſtünden [a])! Dato aquae et aeris pondere, poteſt ſaltem proxime determinari, quanta vis requiratur ad determinatam compreſſionem ipſius aquae, heißt einer ſeiner hiehergehörigen Säze. Er hat ſogar durch dieſen Vergleich berechnet, daß eine Waſſerſäule von 22330 Fuß, das unter ihr liegende Waſſer, um die Hälfte zuſammendrücke. Aber ſchon die Natur der feſten Körper läßt uns mit Recht vermuthen, daß, ſo wie es möglich und wirklich iſt, daß Elfenbein oder Stahl, obgleich ſehr feſt, mehr Elaſticität hat, und alſo in dem Augenblick, da es dieſe Eigenſchaft äußert, mehr nachgiebt, als viele andere harte, minder ſchwere Körper; ſo kann gewiß auch auf der andern Seite dies bey den verſchiedenen flüſſigen Maſſen ſtatt finden. Merkwürdig bleibt es mir indeſſen, daß gerade das ſpecifiſch leichteſte Flüſſige, der Branntwein, am ſtärkſten widerſtand. Und zwar dies noch deswegen mehr, weil Herr Canton den Weingeiſt um $\frac{26}{1000000}$ ſtärker compreſſibel angiebt, als das Waſſer.

Herr Canton ſpricht außerdem vom Weingeiſt, und bey unſern Verſuchen vom Branntewein die Rede, welches denn freylich wohl einigen Unterſchied machen könnte. Ueberdem daß ich aber den Leſer erſuche, die Zweifel, deren ich oben bey Herr Cantons Verſuchen gedacht habe, nachzuſehen, ſo laſſen ſich ſeine Verſuche mit den unſrigen nicht leicht vergleichen.

Verhielten ſich jedesmal die Zuſammendrückungen wie die aufliegenden oder druckenden Gewichte, dann fände dies eher ſtatt; allein man gehe nur die Tabelle der Stämpelſtände oder Stämpelhöhen etwas genau durch, und ich habe ſie mit Fleiß zu dieſer An-

a) Magiſt. Art. et Nat. T. 2. p. 179 u. f.

wendung ſo umſtändlich beygebracht, dann wird man ſelbſt ohne weitere Berechnung der Zuſammendrückung überzeugt, wie weit das Verhältniß der Zuſammendrückung von dem der druckenden Gewichte verſchieden ſey. Alſo läßt ſich gar nicht aus dieſen Verſuchen ſchließen, um wie viel unſere Waſſerſäule durch das kleine Gewicht der Atmoſphäre würde zuſammengedruckt worden ſeyn. Ich ſage, durch das kleine Gewicht der Atmoſphäre, nämlich verhältnißmäßig klein, ſelbſt gegen den Druck von α, oder des bloßen Hebels. Denn da der Durchmeſſer der Waſſerſäule, worauf die Atmoſphäre drucken kann, nur 9,166 Linien = 0,764 Zoll, und alſo die Fläche = 0,46 Qu. Zoll beträgt, ſo macht der Druck einer Waſſerſäule von 30 Fuß Höhe und 0,46 Grundfläche, oder einer Waſſerſäule von 165,6 Cubiczoll Waſſer noch nicht 8 Pfund; wenn ich auch ſelbſt den Cubicfuß Waſſer etwas über 79 Pfund annähme. Denn dies giebt folgende Rechnung für die ſpecifiſche Schwere des hier gebrauchten Waſſers in Braunſchweigiſche Pfunde, nämlich $12\frac{1}{2}$ Unzen $= \frac{12,5}{16}$ Pfund $=$ $26,\frac{3}{4} = 26,75$ Cubiczoll; alſo $\frac{12,5}{16.26,75} = 1$ Cubiczoll $= \frac{1}{1728}$ Cubicfuß; daher 1 Cubicfuß Waſſer $= \frac{12,5.1728}{16.26,75} = \frac{12,108}{26,75} = 79,98$ Braunſchweigiſch Pfund.

Der eben angegebene geringe Druck der Atmoſphäre auf das Waſſer unſerer Maſchine, konnte unmöglich den Stämpel auch nur im mindeſten bewegen oder hinunterdrucken, ſelbſt wenn es möglich geweſen

wäre, das Reiben des Stämpels gegen das Innere des Stiefels völlig zu heben. Wenigſtens ergeben die oben beygebrachten Stämpelſtände, daß ein ſehr geringer Druck eine unmeßbare Veränderung der Stämpelhöhe hervorgebracht hätte.

Zweifel gegen das Zuſammendrücken des Flüſſigen durch die Abichſche Maſchine.

Wie, wenn aber das Hinuntertreten des Stämpels ſich auf irgend eine andere Art, als durch die wirkliche Zuſammenpreſſung des Flüſſigen, erklären ließe? Dies muß einem jeden einfallen, der nur irgend weiß, wie ſchwer es iſt, die Urſache einer phyſiſchen Erſcheinung einzuſehen, und wie mannichfaltig und ſcheinbar ſich ein und eben daſſelbe Phänomen aus mehrern oft ganz entgegengeſetzten Urſachen herleiten läßt.

Es ließen ſich, dünkt mich, die Haupteinwürfe hier etwa auf folgendes bringen.

1) Höhlen in dem Metalle oder Wänden des Meſſings,
2) Zuſammendrucken der Leder am Stämpel,
3) Nachgeben, oder Ausdehnen des Cylinders ſelbſt,
4) Luft in den flüſſigen Körpern und in der Maſchine ſelbſt.

Könnten alſo erſtlich ſich nicht etwa in dem dicken Metalle Höhlen, Oeffnungen, die vor dem Druck durch metallene Wände verſchloſſen waren, finden; der Druck zerſprengt dieſe Wände, oder im Falle dieſe Höhlen nur durch äußerſt enge Oeffnungen offen ſte-

hen, ſo drängt er dieſe Oeffnungen aus einander, das Waſſer tritt hinein, und um ſo viel tritt der Stämpel hinunter. Geſetzt, es wäre dieſer Fall wirklich; geſetzt, es dränget der Druck das Waſſer in dieſe Oeffnungen; geſetzt, ſie ſeyn luftleer und nähmen das Waſſer willig an, der Stämpel geht alſo um ſo viel nieder, als die Quantität des in dieſe Oeffnungen gedrängten Waſſers beträgt. Der Verſuch wird geendiget, und nun ſogleich das wieder herausgegoſſene Flüſſige von eben der Quantität befunden (bis auf einige Tropfen, die am Inſtrumente hangen blieben), als das Eingegoſſene war. An einem jeden glatten Metalle bleiben Waſſertheilchen hangen, wie vielmehr in dieſen kleinen nur durch den Druck zuwege gebrachten Oeffnungen! Hier wäre unfehlbar eine beträchtliche Quantität Waſſer im Stiefel, oder vielmehr in den Wänden des Stiefels zurückgeblieben. Aber noch mehr; wann auch alles beym Herausgießen wieder herausfloß, welches doch niemand leicht zugeben kann, ſo wären alſo bey den auf den erſten nun folgenden Verſuchen dieſe kleinen Oeffnungen offen; es drang alſo das Waſſer von ſelbſt hinein, und mußte daher mehr Flüſſiges zum Anfüllen des Stiefels beym zweyten, als beym erſten Verſuch erfordert werden. Dies war aber nicht ſo. Setzte man aber, daß in den Hohlungen des Metalls Waſſer zurückblieb, wie ohnſtreitig geſchehen ſeyn würde, wann die erſte Vorausſetzung angenommen wurde; dann müßte das Flüſſige des nächſtfolgenden Verſuchs entweder dieſes Waſſer in dieſen Höhlen zuſammenpreſſen, oder ſelbſt zuſammengedruckt werden, oder endlich noch mehr neue Oeffnungen in dem Metalle machen, in andere Höhlungen des Metalls eindringen. Wo bliebe dann die Möglichkeit des Hinuntertretens für den dritten

Verſuch? endlich müßte der minirte Cylinder zerſprengt werden. Dies that er doch nach bis jetzt angeſtellten funfzig und mehrern Verſuchen nicht. Die ſogleich bey Endigung jedes Verſuchs richtig wieder erhaltene Maſſe des Flüſſigen; die zu den folgenden Verſuchen nicht größer nöthige Quantität des Flüſſigen; der glückliche Fortgang der nächſtfolgenden Verſuche, endlich das Nichtzerſpringen des Cylinders bey ſo häufigen Verſuchen, ſcheinen alſo hinreichende Urſachen, dieſen erſten Einwurf für ungültig anzuſehen.

Der zweyte Einwurf, das Zuſammendrücken der Leder um den Stämpel, iſt von keiner großen Erheblichkeit. Einmal iſt der Stämpel ſelbſt durchgehends von Eiſen, und die Leder (wie es auch die zweyte Fig. der 2ten Taf. zeigt) betragen einen ſo geringen Theil, daß, im Fall ſie ſelbſt beym Druck vernichtet werden könnten, ihr Zuſammendrücken $\frac{9}{8}$ Cubiczoll betragen. Wäre aber dieſes Zuſammentreten nur irgend beträchtlich, ſo könnten ſie doch nicht ſo elaſtiſch ſeyn, daß ſie genau beſtändig beym Herausziehen des Stämpels denſelben Raum wieder einnahmen. Dann iſt aber dieſes Zuſammendrängen der Leder deswegen nicht möglich, weil die eiſernen Schrauben α und β ihnen dieſe Verkürzungen ganz und gar verbieten. Würden ſie aber ſeitwärts in einander gedrängt, ſo ſpränge das Flüſſige neben dem ſodann nicht mehr genau ſchließenden Stämpel heraus. Dieſen Fall wird auch wohl niemand annehmen.

Der dritte Zweifel ſchien wirklich beträchtlich. Die große Gewalt, das daher rührende heftige Drücken des Flüſſigen gegen die Seitenwände des Cylinders, unſere Unkenntniß, wie ſich das Metall dabey

verhält; hießen mich alſo dieſen Einwurf genauer unterſuchen. Es war dabey möglich, daß die Gewalt des Reibens etwa eine Wärme im Cylinder erzeugte. Ich verſah mich alſo mit einer ſehr empfindlichen Thermometerröhre; der Cylinder wurde mit Waſſer angefüllt, das durch Eis ſo weit erkältet worden, daß das Thermometer nur $6\frac{1}{2}$ Fahrenheitiſchen Grad über dem Frierpunkte ſtand. Es wurde äußerlich an verſchiedenen Orten um den meſſingenen Cylinder geglüheter Draht ſehr genau angelegt, ſo, daß man Gewalt brauchen mußte, ihn an den Cylinder zu rücken. Der Stämpel wurde nun hinunter getrieben, ſo weit, daß ſein Hinuntertreten $\frac{1}{26}$ des Raums ausmachte. Nachdem der Stämpel wieder hinauf gelaſſen, fand ſich, daß der geglühete Draht um den Cylinder eben ſo genau ſchloß, als vor dem Verſuch. Geglüheter Meſſingdraht giebt nach, iſt nicht ſehr ſpröde, auch nicht elaſtiſch. Wäre daher der Cylinder durch das Hineinpreſſen des Stämpels im mindeſten erweitert, und hätte ſich nach geendigter Operation wieder zuſammengezogen, ſo wäre der nicht elaſtiſche Draht weiter, als der Cylinder geworden; er hätte ſich um den Cylinder nachher leicht hin und her ſchieben laſſen. Ueberdem hatten wir vor dem Verſuch und während der Operation den Umkreis des Cylinders genau gemeſſen, und fanden ihn jedesmal gleich groß, nämlich $10\frac{1}{4}$ Zoll Rheinländiſches Maaß. Augenblicklich nach dem Verſuch wandten wir das Inſtrument um, und ſteckten das Thermometer in das unterſuchte Waſſer. Ich hatte es während dem Verſuch ſelbſt im kalten Waſſer auf $6\frac{1}{2}$ Grad über den Frierpunkt, oder auf $38\frac{1}{2}$ Grad erhalten. Als es jezt in den Stiefel geſenkt

wurde, fand ich, daß es nur um 1 Grad geſtiegen war. Es ſtieg aber freylich ſchon beym Herausziehen, weil es ſehr empfindlich war, auch war das Waſſer der Pumpe nicht völlig ſo kalt, als das, worin wir Eis gelegt hatten. Ueberdem ſieht man, daß der eine Grad Unterſchied hier völlig unbeträchtlich iſt; denn wenn ſich bey den Verſuchen eine beträchtliche Wärme erzeigen ſollte, die zur Ausdehnung des dicken Metalls beytragen können, ſo ſind ein, oder auch ein Paar Fahrenheitiſche Grade gewiß völlig unbedeutend.

Um indeſſen dieſen Einwurf der Ausdehnung des Cylinders noch genauer unterſuchen zu können, entſchloß ich mich, folgende genauere Vorrichtung dazu zu erwählen. Um den meſſingenen Cylinder wurde zwiſchen den Armen *PQ* und *WX* (1te und 2te Fig. 2te Taf.) ein hohler Cylinder von ſtarkem Blech von 13 Zoll, 5 Linien Höhe, und 5 Zoll, 6 Linien Durchmeſſer herum gelötet. Aus ihm trat an der einen Seite eine kleine blecherne Röhre hervor; in dieſer war eine Glasröhre eingekittet, deren innere Weite oder Höhlung $\frac{3}{4}$ Linien im Durchmeſſer hielt. Durch eine Oeffnung oben im Cylinder wurde er mit Waſſer gefüllt. Nachdem dieſe Einrichtung fertig, reinigte ich unter der Luftpumpe Waſſer, welches durch Eis bis zum 36 Grade erkältet war, ſo ſehr es mir möglich, von Luft. Mit dieſem luftleeren, kalten Waſſer wurde die Maſchine, nämlich, der innere meſſingene Cylinder, wie gewöhnlich, gefüllt, darauf ließ ich den äußern um die Maſchine liegenden blechernen Cylinder gleichfalls füllen, und die Oeffnung genau verſchließen. Ein um die daraus gehende gläſerne Röhre gelegter Faden bezeichnete genau die Höhe des

Waſſers in der äußern Cylinderglasröhre. Da wegen dieſen äußern Cylinder die Maſchine nicht mehr in den hölzernen Kreuzfuß paßte, ſo wurde ſie beym Verſuch von zwey Leuten in perpendiculairer Richtung gehalten. Der Stämpel ſtand, wie gewöhnlich, vor den Verſuchen bis an die Stange NO,

	Zoll	Lin.	Scr.
nämlich auf	1	8	6
er wurde ſodann vermöge der Schraube und Kurbel hinein getrieben,			
erſtlich bis	1	2	3
nach und nach bis	-	11	7

Dieſe Stämpelhöhen geben, wie man oben nachſehen kann, für den hinzugekommenen oder hineingetretenen Theil des Stämpels, $\frac{3}{8}$ und $\frac{9}{16}$ Cubiczoll; und daher $\frac{1}{142{\cdot}66}$ und $\frac{1}{90}$ des ganzen Raums für die Zuſammendruckung. Allein, das Waſſer ſtieg nicht im mindeſten in der Glasröhre. Es wurde nun mit dem Hineinpreſſen fortgefahren, ſo, daß der Stämpel auf 0 Zoll — 10 Linien — kam; dies gab alſo $\frac{3}{4}$ Cubiczoll für den hineingetriebenen Stämpel; nun ſtieg das Waſſer beym Hineinſchrauben 3 Linien über den Faden; man hielt etwas mit dem Hineinſchrauben inne, und das Waſſer fiel ſogleich wieder bis auf die Höhe des Fadens zurück. Der Stämpel wurde noch tiefer hinuntergeſchroben, und das Waſſer ſtieg wieder drey Linien über den Faden; hielt man inne, ſo fiel es bis auf den Faden zurück. Kurzſichtigkeit, oder voreiliges Urtheil hätte uns leicht verführt, dies Steigen des Waſſers in der Glasröhre von der Ausdehnung des innern meſſingenen Cylinders herzuleiten.

Allein, erſtlich fiel ja das Waſſer bey dem Innehalten wieder bis zu der erſten Höhe, da doch während dem Innehalten der Stämpel nicht wieder in die Höhe treten konnte, und alſo, wenn wirklich eine Ausdehnung der Maſchine ſtatt gehabt hätte, die Ausdehnung fortdauerte. Dieſe einzige Antwort wäre ſchon hinreichend; aber ferner ſtieg das Waſſer ja bey den erſten mindern Zuſammendrückungen gar nicht, da doch dieſe Zuſammendrückungen ſchon ſehr beträchtlich waren. Endlich geſetzt, man wollte dies Steigen in der Glasröhre vom Ausdehnen des Cylinders herleiten, ſo müßte natürlicher Weiſe der Cylinder ſich verhältnißmäßig um ſo viel ausdehnen, als der hinzugekommene Theil des Stämpels betrug. Dies beträgt bey dem Hineintreiben bis auf 10 Linien Stämpelhöhe, $\frac{3}{4} = 0{,}75$ Cubiczoll. Hätte ſich nun der Cylinder um ſo viel, oder nur um beynahe ſo viel ausgedehnt, ſo mußte augenſcheinlich das Waſſer in der Glasröhre nicht etwa 3 Linien, ſondern viele Fuß hoch ſteigen. Dies ergiebt ſich aus folgendem. Die Glasröhre hatte 0,75 Linien innern Durchmeſſer, alſo betrug eine Waſſerſäule von 3 Linien Höhe, deren Grundfläche dem angezeigten Durchmeſſer zufolge 0,44745 Quadratlinien hielt, nur 1,344 Cubiclinien. Nun ſind aber $\frac{3}{4}$ Cubiczoll $= 1372$ Cubiclinien, alſo verhielt ſich die kleine Waſſerſäule über den Faden, zu dem Theil des hineingetretenen Stämpels, $= 1{,}344 : 1372$; oder wenn man dieſes Steigen des Waſſers als Ausdehnung des Cylinders anſähe, ſo betrüge dieſe nur $\frac{1{,}344}{1372} = 0{,}0009 = \frac{1}{1208}$ von der Quantität, um die er ſich durch den hinzugekommenen Theil des Stämpels hätte ausdehnen müſ-

ſen. Alſo war dieſes Steigen, oder dieſe kleine Waſſerſäule unmöglich der Werth der Ausdehnung des Cylinders. Es wäre leicht, dieſe Rechnung fortzuſetzen, und anzuzeigen, wie hoch, oder um wie viel Fuß das Waſſer in der Glasröhre hätte ſteigen müſſen, wenn ſie dem Werth des Stämpeltheils hätte gleich ſeyn ſollen; aber ich halte ſelbſt die beygebrachten Rechnungen ſchon für überflüſſig, da, wie ich oben erwähnte, der Einwurf ſchon dadurch gehoben wird, daß das Waſſer beym Innehalten des Schraubens wieder bis zum Faden fiel. Woher rührte denn aber dies Steigen in der Glasröhre? Von keiner andern Urſache, als von dem Schwanken des Waſſers in dem äußern Blechcylinder. Nämlich, da die Maſchine nicht ſo feſte gehalten werden konnte, daß die Gewalt und der daher rührende ſtarke Stoß oder Ruck, welcher bey den höheren Graden der Zuſammenpreſſung angewandt wurde, die Schraube umzudrehen, nicht eine Bewegung im Waſſer des umgebenden Cylinders hervorgebracht hätte, ſo mußte natürlicher Weiſe dieſe Erſchütterung oder dies Schwanken ſich durch ein Hinauftreten in der Glasröhre zeigen. Da dieſe aber ſo enge war, ſo konnte dieſes Schwanken keine beträchtliche Veränderung verurſachen, und ich bin daher gewiß, daß es noch höher würde geſtiegen ſeyn, wäre die Röhre weiter geweſen. Eben deswegen ſtieg es auch ganz und gar nicht bey den mindern Zuſammendrückungen, denn da war eine geringere Kraft zu dem Umdrehen der Schraube nöthig; die Maſchine und das in ihr befindliche Waſſer wurde weniger erſchüttert. Eben deswegen aber fiel es auch ſogleich wieder, ſobald man die Maſchine einige Augenblick in Ruhe ließ, ohne den Stämpel zurück zu ziehen.

So wäre es alſo gewiß, daß der Cylinder ſich nicht merklich ausgedehnet hatte; dies ließ ſich auch ſchon bey dem ſo ſehr dicken Metalle vermuthen; überdem iſt die Frage, ob, im Fall eine beträchtliche, dem Hinuntertreten des Stämpels proportionirliche Ausdehnung ſtatt gefunden hätte, ob ſodann noch der Stämpel genau genug würde gepaßt haben? Denn obgleich ohnſtreitig der mittlere Theil der Pumpe oder des Stiefels am meiſten nachgegeben hätte, ſo war dies doch nicht wohl ohne einer geringen Veränderung der obern Theile der Maſchine möglich, wodurch dann leicht die Höhlung, darin der Stämpel lief, ſelbſt etwas litte; die mindeſte Veränderung gab dem Waſſer bey der großen Gewalt Gelegenheit, heraus zu ſprützen.

Die wichtigſte Frage iſt aber noch zurück; nämlich, rührt dieſe Zuſammendrückung nicht etwa von der in dem Flüſſigen und in der Pumpe ſelbſt enthaltenen Luft her? Ich will dies gleich genauer aus einander ſetzen, nur merke ich vorerſt hiebey an; daß man dann durch dieſe Frage ſelbſt eine Zuſammendrückung zugiebt. Einen Körper zuſammendrucken heißt, ſeine Theile einander näher bringen; es geſchehe dies nun entweder dadurch, daß ſich die Theile als elaſtiſche Körper ſelbſt zuſammendrücken, oder daß ich fremde zwiſchen den Elementartheilen des Körpers liegende Körper heraustreibe; oder daß dieſe fremde Materie ſelbſt elaſtiſch iſt, und zuſammengedruckt wird, wodurch dann die Theile des Körpers ſich näher kommen. Da wohl kein Körper iſt, welcher nicht fremdartige Materie, z. B. Luft, oder auch Aether in ſich enthält, ſo ſetzt dies für jeden Körper eine Möglichkeit der Compreſſion zum Grunde. So dru-

cke ich Kork, Schwamm, Wolle zuſammen, es geſchehe dies auf irgend eine der angezeigten Arten. Die åltern Phyſiker hielten ſich hiebey ſehr lange auf, da dies aber bloße Speculation oder Hypotheſe iſt, ſo kann man beym de Lanis a), Gaſſendi b), Stair c) und anderen mehr darüber nachſehen. Ich ſage nur, daß dieſer Einwurf doch ſelbſt eine Zuſammendrückung zum Grunde ſetzt. Ja, wird man ſagen, eine Zuſammendrückung der Luft, und die kannten wir lange! aber keinesweges des Waſſers. Aber eben dies Waſſer mit Luft, warum wurde es dann von den Florentinern, bey Muſſchenbroeken, beym dü Hamel, und andern nicht ſichtlich zuſammengepreßt? weil die Inſtrumente, oder auch die Methoden nicht hinreichend waren, einen ſo ſtarken Druck, als die Abichſche Maſchine, hervor zu bringen. Gut; alſo leiſtete doch die Abichſche Maſchine eine Zuſammendrückung, die keine der vorigen geleiſtet hat; alſo lehrte ſie doch etwas vorher nicht Geglaubtes. Das iſt für mich genug, wenn ich nur lerne, ich komme doch vorwårts, es ſey nach welcher Richtung es wolle. Aber nun genauer zur Beantwortung der Frage, hat nicht etwa bloß die Luft dieſe Zuſammendrückung bewirkt? Die vorhin beygebrachten Verſuche, beſonders der letzte, zeigen, daß das von Luft gereinigte Waſſer gleichfalls eben ſo ſtark konnte zuſammengedruckt werden, als gewöhnliches Waſſer. Ich wußte durch den Herrn Abich, daß er den Verſuch in Helmſtådt bey dem Herrn Hofrath Beirris gleichfalls mit

a) Magiſt. Art. et Nat. T. 2. a. a. O.

b) Gaſſendi Opp. T. 2.

c) de Stair Phyſiolog. nou. a. a. O.

luftleerem Waſſer mit eben ſo glücklichem Erfolg angeſtellt hatte. Ob dies nun gleich die Möglichkeit der Zuſammendrückung des luftleeren Waſſers zeigt, ſo weiß man dennoch nicht, wie viel der Druck bey einer gleichen Compreſſion hat ſtärker ſeyn müſſen, als bey gewöhnlichem unausgepumpten Waſſer. Wollte man ſagen, daß bey dem Verſuchen mit luftleerem Waſſer das ausgepumpte Waſſer jederzeit mußte aus dem Recipirten heraus genommen, alſo wieder der äußern Luft ausgeſetzt werden, um es in den Cylinder zum Unterſuchen zu ſchütten; ſo thut dies hiebey nicht viel. Nollet hat durch genaue Obſervation und eine eigene Verrichtung gezeigt, daß das von Luft gereinigte Waſſer erſt nach fünf bis ſechs Tagen an der offnen Luft eben ſo viel Luft wieder einſchluckt, oder einnimmt, als man ihr durch die Luftpumpe nahm [a]. Alſo konnte das Waſſer, welches ſogleich nach dem Auspumpen in die Maſchine geſchüttet ward, nur noch ſehr wenig oder gar keine Luft wieder eingenommen haben. Aber das iſt immer Schade, daß wir keine Gelegenheit gehabt haben, durch den Hebel genauer die Gewalt zu beſtimmen, welche zu dem jedesmaligen Zuſammenpreſſen oder Stämpelhöhen bey dem luftleeren Waſſer nöthig war. Es ſcheint wahrſcheinlich, daß dieſer Druck oder Gewalt größer geweſen wäre, als bey dem unausgepumpten Waſſer. Allein, dies wird ſehr zweifelhaft, wenn man annimmt, daß gekochtes Waſſer gleichfalls weniger Luft als ungekochtes enthält, und daher dem ausgepumpten Waſſer ähnlich iſt. Vergleicht man nämlich vermöge Stämpelhöhen die Zuſammendrückung des ge-

a) Memoires de l'Acad. des Scien. de Paris Annee 1743. Amſterd. 1749. p. 297 u. f. Planch. 6.

kochten und ungekochten Waſſers bey gleichen Gewichten; ſo ergiebt ſich folgendes. Durch das Gewicht α wurde gewöhnliches Waſſer zuſammendruckt

um $\frac{1}{142,66}$

durch das Gewicht δ $\frac{1}{35,667}$

Gekochtes Waſſer hingegen durch das Gewicht α um $\frac{1}{93,108}$

durch das Gewicht δ um $\frac{1}{34,14}$

alſo überhaupt ſtärker bey gleich ſtarkem Druck; wie man auch ſchon aus den Stämpelſtänden ſehen kann. Ich weiß, daß es unmöglich iſt, durch Kochen, oder ſelbſt durch Auspumpen unter den Recipienten Waſſer ganz und gar von Luft zu reinigen; allein, man hätte doch verhältnißmäßig einen ſtärkern Widerſtand vermuthen können, da ſich hier gerade das Gegentheil zeigte. Bey den Unterſuchungen der folgenden Flüſſigkeiten, nämlich der Milch und des Brannteweins, ſcheint dieſe billige Vermuthung hingegen eher zuzutreffen. Muſſchenbroek [a]) ſagt, daß Milch verhältnißmäßig gegen andere flüſſige Körper wenig Luft enthalte; und Hales giebt dem Branntewein nur $\frac{1}{54}$ der Luft, welche im Waſſer enthalten iſt [b]). Beyde Flüſſigkeiten zeigten bey unſern Verſuchen einen auſſerordentlichen Widerſtand, und zwar Branntewein

a) Muſſchenbr. Introd. T. 2. p. 888.

b) Statical Eſſays London 1731. T. I. p. 181.

am ſtärkſten. Durch das Gewicht α iſt nämlich die Zuſammendrückung oder Verdichtung des Brunnenwaſſers zu der der Milch

waſſers zu der der Milch	= 215,21 : 142,66
durch das Gewicht δ	= 38,695 : 35,667
Brunnenwaſſer zu Brannte- wein durch α	= 224,76 : 142,66
durch δ	= 45,664 : 35,667

Indeß iſt hier wieder die Frage, wiſſen wir, ob die Luft, je nachdem ſie mit dieſem oder jenem Flüſſigen innigſt verbunden iſt, nicht an Elaſticität bald ab, bald zunehme; oder, iſt es nicht möglich, daß die verſchiedene Natur der Elementartheilchen des Flüſſigen die Elaſticität der Luft modificire, verändere? Zudem kommt noch dies hiebey in Betracht, daß faſt jeder flüſſige Körper eine verſchiedene Quantität fixer oder andere Art von künſtlicher Luft enthält; da nun dieſe Luftarten allerdings die Elaſticität der natürlichen verändern, ſo iſt es vielleicht nicht unmöglich, daß man auch darauf Rückſicht nehmen müßte. Es wären daher noch Verſuche mit Waſſer zu machen übrig, welche mit verſchiedenen Arten künſtlicher Luft geſchwängert wären.

Was die Luft anlangt, welche in dem Stiefel, nämlich in der Maſchine ſelbſt, iſt und bleibt; ſo leugne ich dieſe ganz und gar nicht, ich ſehe auch ſelbſt kein bequemes Mittel, die Maſchine ſelbſt luftleer zu machen, und gebe alſo gerne zu, daß dieſe Luft bey der Zuſammendruckung oder dem Hinuntertreten des Stämpels Einfluß haben mag. Allein, hiebey iſt wieder zu bedenken, daß dieſe Luft des Stiefels, da ſie doch bey den verſchiedenen Flüſſigkeiten der Quantität nach nicht ſehr verſchieden ſeyn kann, denn ſie

beſteht hauptſächlich in den an den Wänden des Stiefels und Stämpels hangenden Luftbläschen, ſo glaube ich nicht, daß man daraus die ſo ſehr von einander unterſchiedenen Grade der Zuſammenpreſſung der verſchiedenen Flüſſigkeiten herleiten kann.

Merkwürdig bleibt mir das jedesmalige wieder in die Höhe Treten des Stämpels, nach abgenommenem Gewicht; man wird dies wieder der Luft zuſchreiben, und es kann dies nicht unwahr ſeyn; aber einmal verhält ſich dieſe Ausdehnung gar nicht, wie es die Geſetze der Elaſticität der Luft beſtimmen würden, nach welchen dieſe Ausdehnung viel größer ſeyn müßte, als ſie hier wirklich war; ferner läßt ſich im Ganzen nicht leugnen, daß das Waſſer ſelbſt einige Elaſticität beſitze, wie mir aus den anfänglichen allgemeinen Betrachtungen nicht unbillig zu folgen ſcheint. Daher bleibt mir immer das Recht übrig, ſowohl einen Theil des Niedergehens, als des wieder in die Höhe Tretens des Stämpels der Elaſticität des Waſſers ſelbſt anzurechnen. Aber auch dies war ſonderbar genug, daß, nach Abnehmung der größten Gewichte, der Stämpel nicht völlig wieder ſo hoch trat, als er zu Anfange der Verſuche ſtand. Waſſer war nicht verloren gegangen, da beym Ausgießen, im genaueſten Verſtande, nur wenige Tropfen (die ohnſtreitig im Stiefel hangen blieben) fehlten. War etwas Luft herausgepreßt? Dies ſcheint kaum möglich, da der Stämpel ſo genau ſchloß, daß bey den größten Gewichten vom Waſſer nichts oben hinausſprützte. Hatte die Luft an Elaſticität verloren? War ein Theil des vielleicht in der Luft enthaltenen Aethers, des allezeit fertigen Nothhelfers ſo vieler Phyſiker, entwiſcht? Mag es beantworten, wer kann, ich verſtehe dies eben ſo

wenig, als ich überhaupt in der Naturlehre von irgend einem Phänomen die erſte Urſache anzugeben verſuchen werde, ſchäme mich aber dieſer Unwiſſenheit ganz und gar nicht.

Indeſſen, ihm ſey wie ihm wolle, ſo hat die Abichſche Maſchine dennoch gezeigt, daß mit dem Waſſer mehr anzufangen ſey, als man bisher glaubte, und es iſt alſo im Ganzen ein Schritt mehr gethan; denn wenn ſie auch nur das lehrte, was ich eben berührte, nämlich, daß die Luft, ſo wie ſie mit verſchiedenen Arten der flüſſigen Körper verknüpft iſt, auch einen verſchiedenen Grad von Elaſticität erhält, daß ferner die Verdichtungen der Flüſſigkeiten ſich nicht umgekehrt wie ihre ſpecifiſchen Schweren verhielten; läßt ſie uns endlich mit Recht in Unbeſtimmtheit, ob nicht das Waſſer ſelbſt elaſtiſch iſt; ſo lernte ich wenigſtens an viele Stücke zweifeln, die mir vorher weniger zu bezweifeln ſchienen. Mir und vielleicht einigen billigen Leſern iſt alſo der Gedanke des Herrn Abichs immer einer vorzüglichen Aufmerkſamkeit, einer beſondern Achtung werth. Um dieſe Unterſuchung mit einer ſolchen Maſchine weiter treiben zu können, wünſchte ich,

1) Daß ein dicker eiſerner durchaus gleichweiter Cylinder dazu gewählt würde.
2) Daß die Vorrichtung mit dem Hebel bequemer und noch genauer eingerichtet würde.
3) Daß alsdenn mehrere Verſuche mit luftleerem Waſſer, wie auch mit Waſſer, welches mit fixer Luft geſchwängert wäre, vorgenommen würden.
4) Daß man auf eine Vorrichtung dächte, den Cylinder ſelbſt luftleer zu machen.

5) Sollte es ganz unmöglich ſeyn, einen ſolchen Cylinder von ſehr dickem Glaſe verfertigen zu laſſen, der dabey dem ſtarken Druck widerſtünde?

Wenn man die in dieſer Abhandlung angezeigten Methoden, die Federkraft oder Compreſſibilität des Waſſers zu unterſuchen, überſieht, ſo ſind augenſcheinlich diejenigen die bequemſten, welche die einfachſten ſind, und bey denen man den Druck am genaueſten berechnen kann. Hieher gehören vornehmlich die Hambergerſche Röhre und die Abichſche Druckpumpe. Die Hambergerſche Röhre ſcheint mir hiezu ganz beſonders bequem. Denn erſtlich geht der Verſuch in einer gläſernen durchſichtigen Röhre vor ſich; ferner läßt ſich das Gewicht nicht nur ſehr anſehnlich machen, wenn man auch die oberſten Theile der Röhre aus Metall verfertigte, ſondern der Druck iſt ſehr leicht und genau zu berechnen, endlich iſt die Beſtimmung der Compreſſion des Waſſers an der Röhre durch Hülfe eines genauen Nonius zu einer beträchtlichen Genauigkeit zu bringen. Nähme man daher eine von Glaſe ſehr dicke Röhre, welche eine Höhlung von ſehr geringem Durchmeſſer hätte, die alſo dem Druck einer hohen Queckſilberſäule hinreichend widerſtünde, ſo dächte ich, ließe ſich hier immer etwas ausrichten.

Wann auch Hamberger dieſe Methode von ähnlichen Verſuchen bey der Luft genommen hat, ſo hat er ſie doch, ſo viel ich weiß, zuerſt auf die Unterſuchung des Waſſers angewandt. Die Methoden, das

Waſſer in Kugeln zuſammen zu preſſen, oder zu hämmern, haben aber, geſetzt ſelbſt ſie glückten, dies jederzeit gegen ſich, daß man unmöglich die Quantität der Zuſammendrückung genau beſtimmen kann. Denn wenn man auch nicht zugäbe, daß einige Waſſertheile ins Metall gedrungen wären, ſo wird dennoch die Veränderung der Kugel nur gering ſeyn, wenn ſie anders nicht brechen ſoll, und dieſe geringe Veränderung wäre ſehr ſchwer, genau geometriſch zu beſtimmen. Der Florentiniſche Verſuch, das Waſſer durch die Kraft der Dünſte zuſammen zu drücken, iſt ſinnreich, aber wo kann man hier die Kraft der Dünſte oder des Drucks genau angeben; übrigens ließe ſich ſtatt der untern Kugel (1ſte Taf. 1ſte Fig. C) wohl eine Röhre ſetzen, um die Compreſſion beſtimmter zu bemerken. Die Maſchine des Abts Fontana kann ich nicht hinreichend beurtheilen, aber ſie ſcheint mir ſehr zuſammengeſetzt; und bey einem an ſich ſchon ſo intricaten Verſuch iſt die Simplicität des Werkzeuges weſentlich. Könnte man alſo die Verbeſſerungen bey der Abichſchen Maſchine anbringen, deren ich oben gedacht habe, ſo blieben mir dieſe letztere und die Hambergerſche Röhre immer die vorzüglichſten Werkzeuge zu dieſen Unterſuchungen.

Ich wage es, zuletzt einen Einfall beyzubringen, der vielleicht einem mechaniſchen Kopfe Gelegenheit zu einer Erfindung an die Hand geben könnte, wodurch ſich dies Problem der Phyſiker genauer entſcheiden ließe. Unmöglich ſcheint es mir nicht, daß die hier anzugebende Maſchine, durch andere Hände umgearbeitet oder umgeſchaffen, ihrer Exiſtenz werth werden könnte.

Wenn das Waſſer compreſſibel iſt, ſo muß ohnſtreitig eine Waſſerſäule von großer Höhe durch ihre

Bayerische Staatsbibliothek München

eigene Gewalt merklich zuſammengedruckt werden, wie auch Canton dies bey Berechnung des durch die Atmoſphäre comprimirten Meeres annimmt. Wäre es daher möglich, den Druck einer ſolchen Waſſerſäule von gegebener Grundfläche am Boden des Meeres wirklich zu finden, ſo ließe ſich daraus die Höhe beſtimmen, welche eine Waſſerſäule von durchaus gleich dichtem, nicht zuſammengedrucktem Waſſer haben müßte. Mäße man dabey die Höhe des Meeres durch ein Senkbley, ſo würde ſich ergeben, ob dieſe Höhe mit der durch den Druck berechneten zuträfe; wäre die gemeſſene geringer, ſo wäre das Seewaſſer zuſammengedruckt. Es gienge dies auch in großen Flüſſen an. Auf dieſem Gedanken beruht folgende Angabe.

ABCD (3te Taf. 6te Fig.) ſey ein aus ſtarkem Eiſen oder Metall verfertigter hohler Cylinder. AEC ein dicker metallener Deckel, hier vielmehr Stämpel, paſſe ſo genau, als möglich, in den Cylinder; wie der Stämpel bey der Abichſchen Maſchine; ab, cd, ef, ſind ſtarke Stahlfedern, von denen man genau weiß, wie viel Gewicht, oder ein wie großer Druck, eine jede nieder zu drücken. Unter jeder dieſer Federn befindet ſich eine Art Weiſer, der durch das Niedergehen der Feder hinunter gedruckt wird; die Feder trete nach dem Druck wieder zurück, nicht aber der Weiſer. Die Federn ſind, je nachdem ſie dem Boden des Cylinders näher ſtehen, ſtärker, erfordern immer mehr Druck, niedergebogen zu werden. Der Deckel oder Stämpel erfordert noch eine beſondere Einrichtung. Da er nämlich gegen den Boden gehen, und die Federn niederdrücken ſoll, ſo muß er vor jede Feder vorbey, um auf die folgende wirken zu

können. Da aber nur die mittlern und entfernten Theile der Federn b, d, f, ausweichen oder niedergebogen werden, hingegen der an dem Cylinder feſtgemachte Theil der Feder, nebſt ihrem Weiſer, ihm keinen Platz macht, ſo müßte der Stämpel ſo eingerichtet ſeyn, daß er in ſeiner Dicke, gegen die Seite A — des Cylinders, inwendig eine Höhlung, und darin eine Feder *p* hätte, vermöge der der Theil des Stämpels bey dem Vorbeygehen neben der Stahlfeder und Weiſer des Cylinders, jedesmal könnte hinein gedruckt werden, und die Feder *p* des Stämpels gleich nachher dieſen beweglichen Theil wieder herausdrückte, um ihm nichts von dem genauen Schließen zu benehmen. Man könnte den Cylinder ſelbſt vorher, ehe er gebraucht werden ſollte, luftleer machen. Hätte er keinen ſehr großen Durchmeſſer, ſo würde die Atmoſphäre die Friction des Stämpels nicht überwältigen, im entgegen geſetzten Fall aber würde er etwa bis zu der erſten Feder gehen, welche mit dem Reiben verbunden dem Drucke der Atmoſphäre widerſtehen würde. Nun würde der Cylinder ins Meer geſenkt; der Stämpel würde deſto ſtärker gedruckt, je tiefer man ihn hinabließ; er drückte die Federn, dieſe verrückten den Weiſer. Man mäße die Tiefe des Orts mit einem Senkbley, und nachdem man das Inſtrument wieder heraus gezogen hätte, zeigten die Weiſer, die wievielſte Stahlfeder niedergedruckt ſey. Man weiß, wie viel Kraft erfordert wird, dieſe nieder zu beugen; durch die, vermöge des Senkbleyes, gefundene Tiefe berechnete man den Druck einer Waſſerſäule von der gefundenen Höhe, wenn das Waſſer gleich dicht wäre. Durch Vergleichung der berechneten Höhe mit der wirklichen fände man, ob und wie viel an dieſer Höhe fehlete, und dies wäre ſodann die

Quantität, um welche das Waſſer zuſammengedrückt wäre.

So ſähe ohngefähr dieſer Einfall aus. Ich ſehe ſelbſt, daß die Ausführung des Inſtruments vielen Schwierigkeiten unterworfen iſt, rathe auch daher nicht zur Ausführung, aber vielleicht giebt dieſer Gedanke glücklichere Ideen an die Hand, auf ähnliche Art ein leichter zu bewerkſtelligendes und belehrendes Inſtrument zu erſinden. Würde aber dadurch nur ein vorzüglicher Kopf aufmerkſam gemacht, dieſer Sache nachzuſpüren, ſo ſchätzte ich mich glücklich, dieſen bis jetzt unfruchtbaren Gedanken nicht vernachläſſiget zu haben.

Druckfehler.

Seite XI. Zeile 3. ſtatt ſtnd lies ſind.

= XV. = 13. ſtatt Polonoſcop lies Polemoſcop. In der Note ſtatt Montecla lies Montucla.

= XVI. = 6 ſtatt Galitai lies Galiläi.

= XIX. = 3 ſtatt gehörte lies gehörten.

Seite 1. Zeile 1. ſtatt Wem lies Wenn.

= 3. = 27. ſtatt Chimiker lies Chymiker.

= 10. = 22. ſtatt einem gleichen Maaße lies einer gleichen Maſſe.

= 15. = 1. ſtatt in der Kälte lies der Kälte.

= 8. ſtatt Condenſabilität lies Condenſibilität.

= 16. = 15. ſtatt dieſe Begriffe des Waſſers lies dieſe Begriffe von der Härte des Waſſers.

9. ſtatt Reſiſtanz lies Reſiſtenz.

= 17. = 15. ſtatt aus dem lies aus den.

= 24. ſtatt hiernoch lies hiernach.

= 20. = 19. ſtatt ſentorculari lies ſeu torculari.

= 22. = 16. ſtatt der lies des.

= 18. ſtatt ſo folget wirklich daß, lies ſo folget daß.

= 23. = 2. ſtatt ſchienen lies ſcheinen.

= 7. ſtatt Niemanden lies Niemand.

= 24. = 9. ſtatt langnida lies languida.

= 10. ſtatt et nondum (Als lies et nondum quod ſcio ab aliquo ſcriptore ex alterutra parte determinatum. (Als.

= 27. ſtatt paſtem lies partem.

= 27. = 15. ſtatt dieſen lies dieſem.

= 28. = 6. ſtatt ohne Wiederſtand lies ohne Wiederſtand blieb.

= 18. ſtatt kleinen lies kleineren.

= 32. = 21. ſtatt geſchriebener lies geſchriebenen.

= 30. ſtatt Academiu lies Academia.

= 33. = 28. ſtatt ad lies ed.

= 29. ſtatt libere lies libero.

= 34. = 2. ſtatt del cannello ſi vada lies del cannello, quella piu aria che ſia poſſibile. Anzi per meglio caricarnelo ſi vada.

= 35. = 4. ſtatt ſuo lies ſua.

= 7. ſtatt piomte lies piombo.

= 9. ſtatt ſino lies fino.

= 39. = 27. ſtatt vielleicht noch nicht lies vielleicht nicht.

= 40. = 11. ſtatt verhalten lies verhält.

= 23. ſtatt incompreſſibel annimmt hervorgebracht würde. lies incompreſſibel annimmt.

= 26. ſtatt Er iſt lies Es iſt.

= 27. ſtatt Röhre AB lies Röhre AB 3te Taf. 5te Fig.

Seite 48 Zeile 6. ſtatt dieſem letzten Puncte lies dieſen letzten Punct.
= 10. ſtatt Poros lies Poris.

= 56. = 3. ſtatt $\frac{n.n-1}{2r} \cdot \frac{c = n.n-1}{r} \cdot \frac{1}{2}c$ lies $\frac{n.n-1}{2r} \cdot \frac{c = n.n-1}{r} \cdot \frac{1}{2}c$

= 57. = 16. ſtatt konnte dies derſelbe ſeyn lies konnte dies derſelbe Fall ſeyn.

= 58. = 23. ſtatt Abiſchen lies Abichſchen.

= 63. = 31. ſtatt Länge der Waſſerſäule g lies Länge der Waſſerſäule GI

= 64. = 5. Schrauben u. β lies Schrauben α β

= 65. = 5. ſtatt Zapfens Um lies Zapfens U m
= 9. ſtatt (Fig. 1 T.) lies Fig. 1. T. 11.)
letzte Zeile ſtatt Hebe lies Hebel.

= 66. = 16. ſtatt dies iſt lies dieſes Gewicht iſt.

= 67. = 13. ſtatt 2,7694771, lies 2,7694781.

= 72. = 2. ſtatt blos nur alleine lies blos mit mir allein.

= 74. 14. ſtatt $\frac{3}{31,74}$ lies $\frac{1}{31,74}$.

= 77. = 19. ſtatt Ferner Brunnenwaſſer lies Ferner Brunnenwaſſer: weißen Capwein.

= 83. = 18. ſtatt Zuſammendrucken $\frac{9}{8}$ Zoll betragen lies Zuſammendrucken nie $\frac{9}{8}$ Zoll betragen konnte.

= 84. = 11. ſtatt Cylinder zu rücken lies Cylinder hin und her zu rücken.

= 85. = 12. ſtatt Einwurf der Ausdehnung lies Einwurf von der Ausdehnung.

= 86. = 1. ſtatt Cylinderglasröhre lies Cylinder und Glasröhre.
= 15. ſtatt $\frac{1}{142.66}$ lies $\frac{1}{142,66}$

= 93. = 18. ſtatt unmöglich lies unnöthig.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

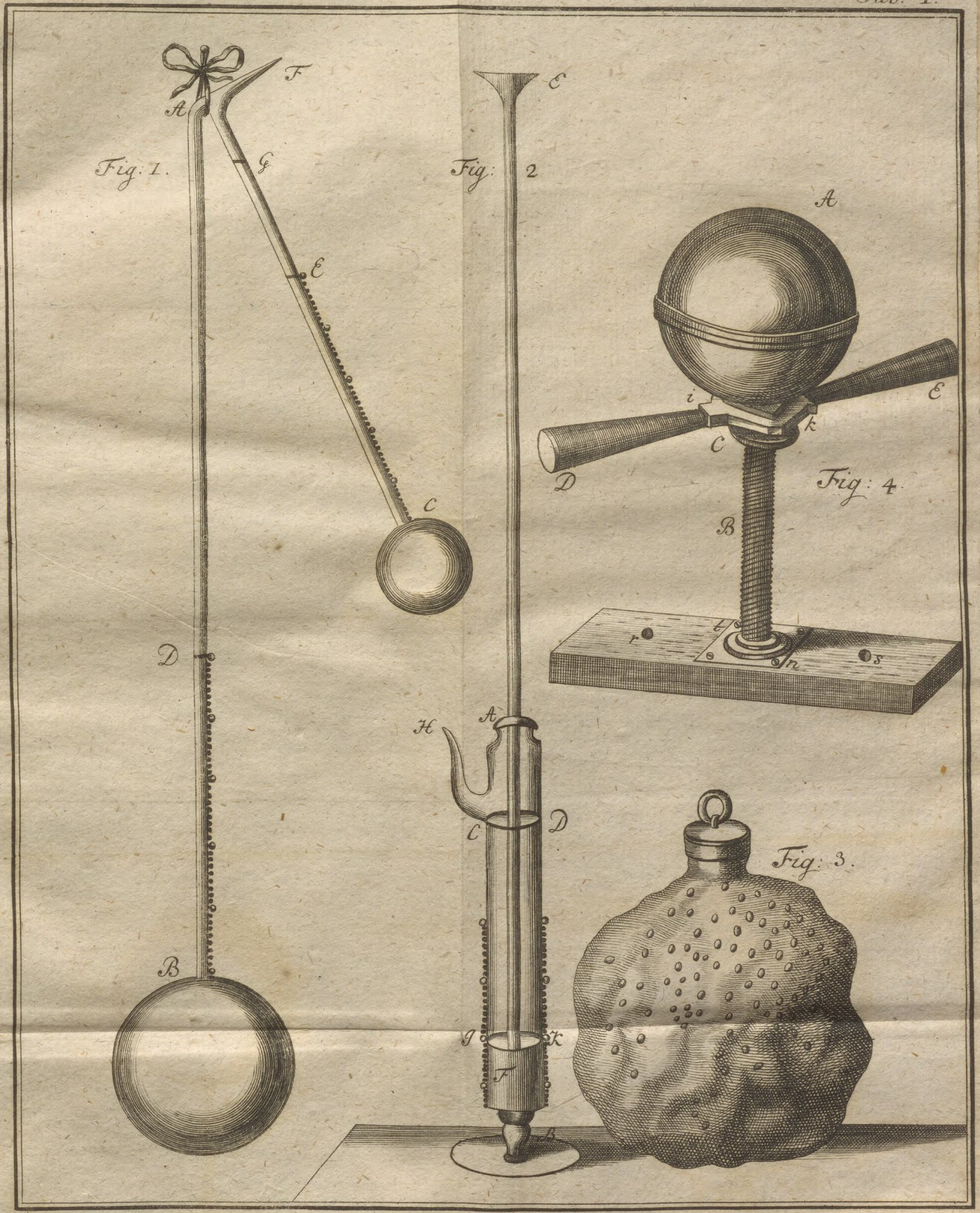


Fig. 1.
Fig. 2
Fig. 3.
Fig. 4.

Tab: II.

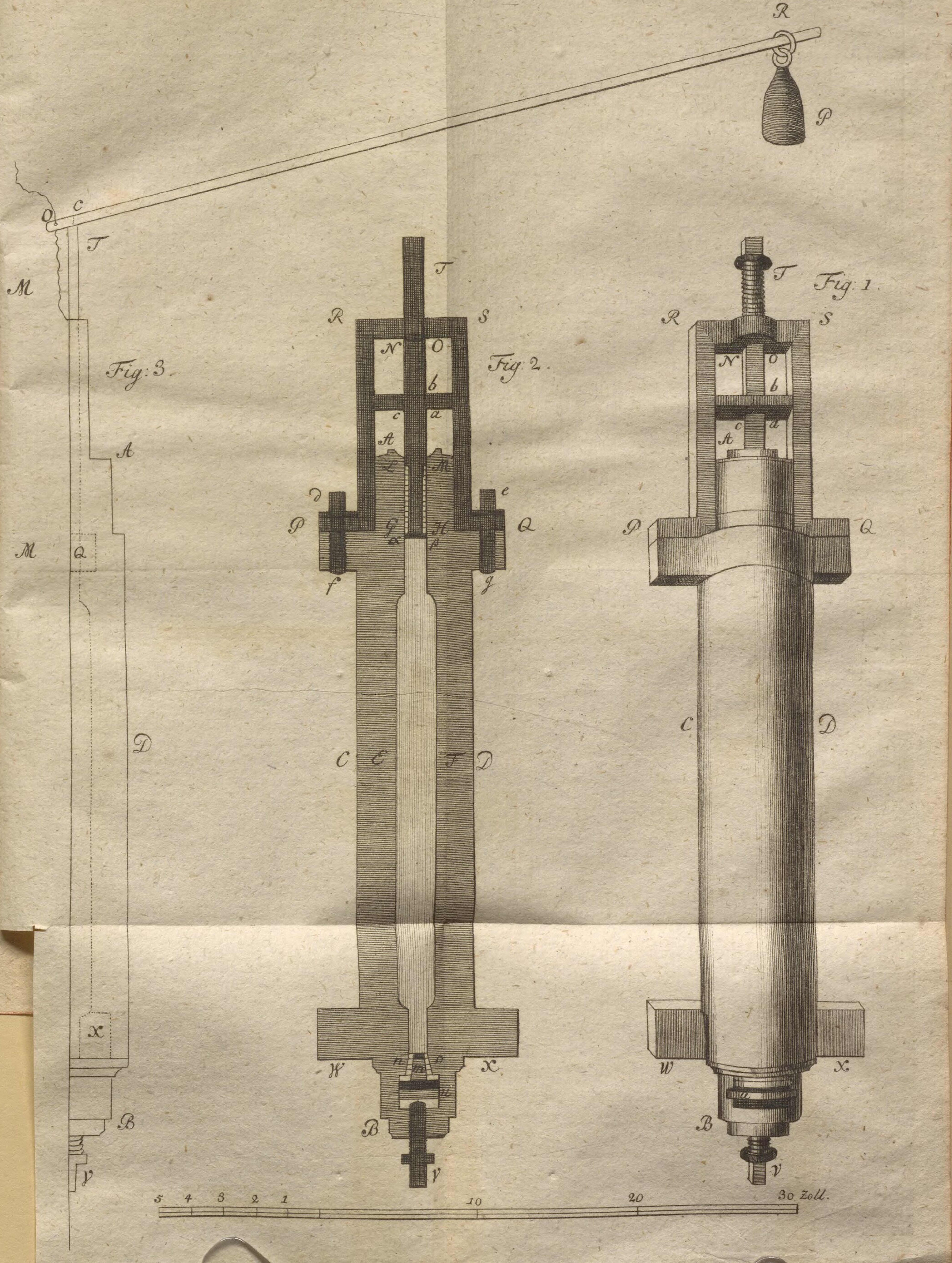
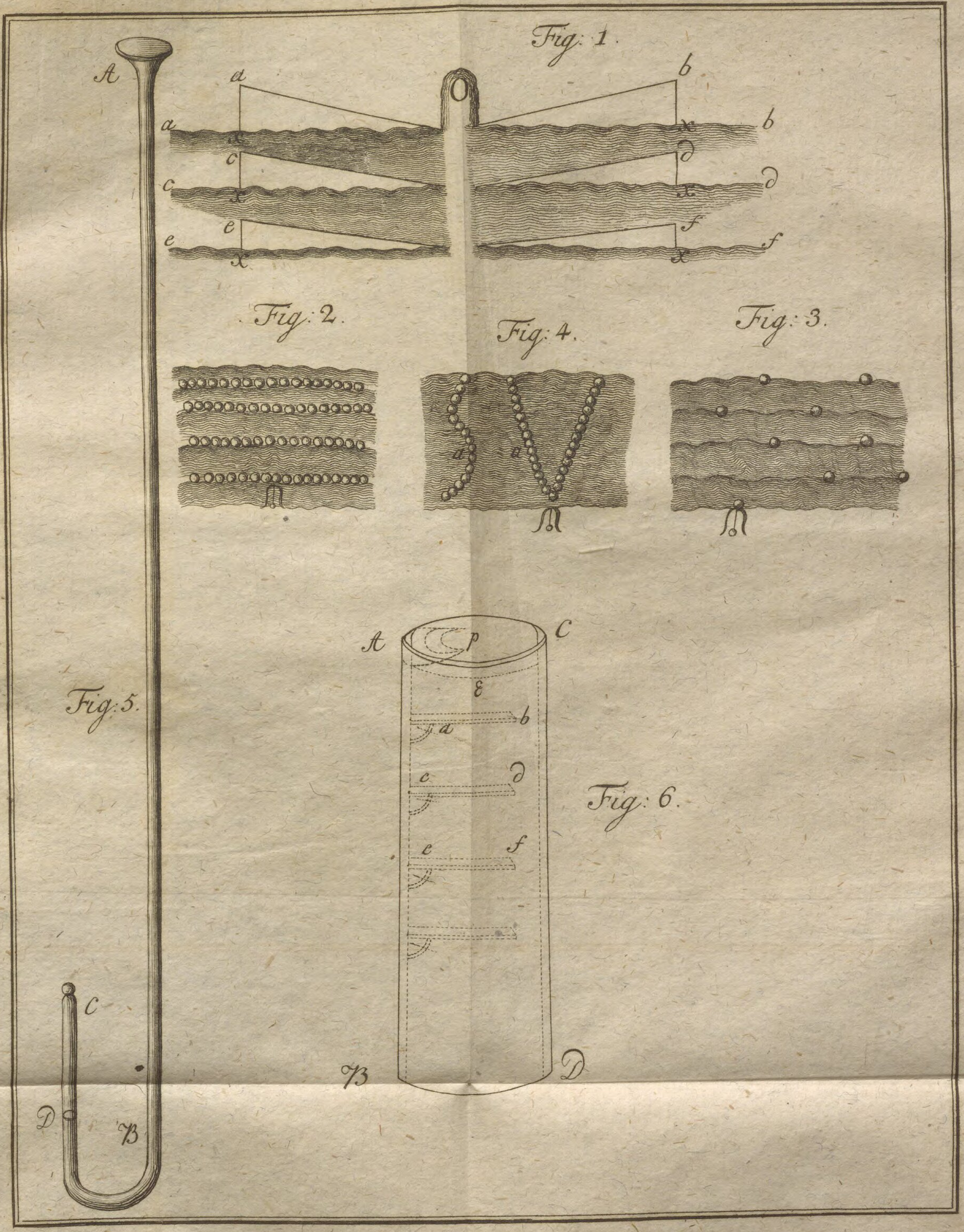


Fig: 1.
Fig: 2.
Fig: 3.
R
P
O
C
T
M
R
S
N
O
b
c
a
A
L
M
d
e
P
Q
G
H
f
g
Q
A
D
C
E
F
D
C
D
W
X
n
m
o
u
B
y
x
5 4 3 2 1 10 20 30 Zoll.

Tab III.



Zimmermann, Eberhard August Wilhelm von,

Ueber die Elasticität des Wassers

Leipzig 1779

Phys.sp. 760
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10135151-0
VD18 1107017X-002